

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 1 8 日
Date of Application:

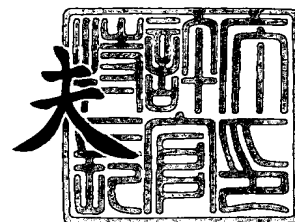
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 1 4 4 2 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 1 4 4 2 1]

出 願 人 セイコーエプソン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 2 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 2 1 3 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 PY03062

【提出日】 平成15年 4月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 1/60

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 伊藤 隆志

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 荒井 佳文

【特許出願人】

 【識別番号】 000002369

 【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100096703

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 横井 俊之

 【電話番号】 052-731-2050

【選任した代理人】

 【識別番号】 100117466

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩上 渉

 【電話番号】 052-731-2050

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 042848

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0217109

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 対応関係定義データ作成用格子点決定方法、対応関係定義データ作成用格子点決定装置、対応関係定義データ作成用格子点決定プログラム、印刷制御装置、印刷制御方法および印刷制御プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 印刷装置で使用する各色のインク量と他の表色系における色成分値との対応関係を規定した対応関係定義データを作成するにあたり参照される複数の格子点を決定する対応関係定義データ作成用格子点決定方法であって、

上記各色のインク数より少ない色成分で規定される低次元色空間内における低次元色格子点と上記各色のインク量を成分としたインク量空間内におけるインク量格子点との対応関係を予め規定した第 1 対応関係定義データを参照して上記低次元色格子点と機器非依存色空間内の格子点との対応関係を取得し、上記低次元色空間の格子点位置情報を変数として上記機器非依存色空間内の格子点の配置の平滑程度を評価する関数であって、当該評価対象の格子点が属する色域の部位毎に異なる関数形であるとともに、当該色域の部位の境界に近い格子点であるほどその移動によって評価値が大きく低下する束縛条件を含む平滑程度評価関数を規定し、当該低次元色空間の格子点位置情報を変動させながら上記平滑程度評価関数の評価を向上させることによって上記機器非依存色空間内の格子点配置を最適化し、上記第 1 対応関係定義データを参照して当該最適化された状態での上記低次元色空間内の格子点に対応した上記各色のインク量と上記第 1 対応関係定義データに規定された低次元色空間内の格子点とを対応づけることによって上記対応関係定義データ作成用格子点を決定することを特徴とする対応関係定義データ作成用格子点決定方法。

【請求項 2】 上記平滑程度評価関数は、上記変動前の低次元色空間の格子点位置情報と変動後の低次元色空間の格子点位置情報との差の大きさを示す式に上記低次元色空間の色成分値の midpoint から離れるほど値の大きくなる重み係数を乗じて得られる項を含む関数であることを特徴とする上記請求項 1 に記載の対応関係定義データ作成用格子点決定方法。

【請求項 3】 上記重み係数の低次元色空間の色成分値に対する増大率は、

低次元色空間の色成分値がその中点から離れるほど大きくなることを特徴とする上記請求項 2 に記載の対応関係定義データ作成用格子点決定方法。

【請求項 4】 印刷装置で使用する各色のインク量と他の表色系における色成分値との対応関係を規定した対応関係定義データを作成するにあたり参照される複数の格子点を決定する対応関係定義データ作成用格子点決定装置であって、

上記各色のインク数より少ない色成分で規定される低次元色空間内における低次元色格子点と上記各色のインク量を成分としたインク量空間内におけるインク量格子点との対応関係を予め規定した第 1 対応関係定義データを記録する第 1 対応関係定義データ記録手段と、

同第 1 対応関係定義データを参照して上記低次元色格子点と機器非依存色空間内の格子点との対応関係を取得する対応関係取得手段と、

上記低次元色空間の格子点位置情報を変数として上記機器非依存色空間内の格子点の配置の平滑程度を評価する関数であって、当該評価対象の格子点が属する色域の部位毎に異なる関数形であるとともに、当該色域の部位の境界に近い格子点であるほどその移動によって評価値が大きく低下する束縛条件を含む平滑程度評価関数を規定する平滑程度評価関数算出手段と、

当該低次元色空間の格子点位置情報を変動させながら上記平滑程度評価関数の評価を向上させることによって上記機器非依存色空間内の格子点配置を最適化する最適化手段と、

上記第 1 対応関係定義データを参照して当該最適化された状態での上記低次元色空間内の格子点に対応した上記各色のインク量と上記第 1 対応関係定義データに規定された低次元色空間内の格子点とを対応づけることによって上記対応関係定義データ作成用格子点を決定する対応関係定義データ作成用格子点決定手段とを具備することを特徴とする対応関係定義データ作成用格子点決定装置。

【請求項 5】 印刷プログラムで使用する各色のインク量と他の表色系における色成分値との対応関係を規定した対応関係定義データを作成するにあたり参照される複数の格子点を決定する対応関係定義データ作成用格子点決定プログラムであって、

上記各色のインク数より少ない色成分で規定される低次元色空間内における低

次元色格子点と上記各色のインク量を成分としたインク量空間内におけるインク量格子点との対応関係を予め規定した第 1 対応関係定義データを所定の記録媒体に記録しておき、同第 1 対応関係定義データを参照して上記低次元色格子点と機器非依存色空間内の格子点との対応関係を取得する対応関係取得機能と、

上記低次元色空間の格子点位置情報を変数として上記機器非依存色空間内の格子点の配置の平滑程度を評価する関数であって、当該評価対象の格子点が属する色域の部位毎に異なる関数形であるとともに、当該色域の部位の境界に近い格子点であるほどその移動によって評価値が大きく低下する束縛条件を含む平滑程度評価関数を規定する平滑程度評価関数算出機能と、

当該低次元色空間の格子点位置情報を変動させながら上記平滑程度評価関数の評価を向上させることによって上記機器非依存色空間内の格子点配置を最適化する最適化機能と、

上記第 1 対応関係定義データを参照して当該最適化された状態での上記低次元色空間内の格子点に対応した上記各色のインク量と上記第 1 対応関係定義データに規定された低次元色空間内の格子点とを対応づけることによって上記対応関係定義データ作成用格子点を決定する対応関係定義データ作成用格子点決定機能とをコンピュータに実現させることを特徴とする対応関係定義データ作成用格子点決定プログラム。

【請求項 6】 印刷装置で使用する各色のインク量と他の表色系における色成分値との対応関係を規定した対応関係定義データを参照して、上記他の表色系における色成分値を上記インク量に変換して印刷を実行させるための印刷データを生成する印刷制御装置であって、

上記対応関係定義データは、上記各色のインク数より少ない色成分で規定される低次元色空間内における低次元色格子点と上記各色のインク量を成分としたインク量空間内におけるインク量格子点との対応関係を予め規定した第 1 対応関係定義データを参照して上記低次元色格子点と機器非依存色空間内の格子点との対応関係を取得し、上記低次元色空間の格子点位置情報を変数として上記機器非依存色空間内の格子点の配置の平滑程度を評価する関数であって、当該評価対象の格子点が属する色域の部位毎に異なる関数形であるとともに、当該色域の部位の

境界に近い格子点であるほどその移動によって評価値が大きく低下する束縛条件を含む平滑程度評価関数を規定し、当該低次元色空間の格子点位置情報を変動させながら上記平滑程度評価関数の評価を向上させることによって上記機器非依存色空間内の格子点配置を最適化し、上記第1対応関係定義データを参照して当該最適化された状態での上記低次元色空間内の格子点に対応した上記各色のインク量と上記第1対応関係定義データに規定された低次元色空間内の格子点とを対応づけることによって上記対応関係定義データ作成用格子点とし、当該対応関係定義データ作成用格子点にて規定されるインク量での印刷結果を所定の測色機によって測色した測色値によって上記インク量と上記他の表色系における色成分値とを対応づけることで作成されるデータであることを特徴とする印刷制御装置。

【請求項7】 印刷装置で使用する各色のインク量と他の表色系における色成分値との対応関係を規定した対応関係定義データを参照して、上記他の表色系における色成分値を上記インク量に変換して印刷を実行させるための印刷データを生成する印刷制御方法であって、

上記対応関係定義データは、上記各色のインク数より少ない色成分で規定される低次元色空間内における低次元色格子点と上記各色のインク量を成分としたインク量空間内におけるインク量格子点との対応関係を予め規定した第1対応関係定義データを参照して上記低次元色格子点と機器非依存色空間内の格子点との対応関係を取得し、上記低次元色空間の格子点位置情報を変数として上記機器非依存色空間内の格子点の配置の平滑程度を評価する関数であって、当該評価対象の格子点が属する色域の部位毎に異なる関数形であるとともに、当該色域の部位の境界に近い格子点であるほどその移動によって評価値が大きく低下する束縛条件を含む平滑程度評価関数を規定し、当該低次元色空間の格子点位置情報を変動させながら上記平滑程度評価関数の評価を向上させることによって上記機器非依存色空間内の格子点配置を最適化し、上記第1対応関係定義データを参照して当該最適化された状態での上記低次元色空間内の格子点に対応した上記各色のインク量と上記第1対応関係定義データに規定された低次元色空間内の格子点とを対応づけることによって上記対応関係定義データ作成用格子点とし、当該対応関係定義データ作成用格子点にて規定されるインク量での印刷結果を所定の測色機によ

って測色した測色値によって上記インク量と上記他の表色系における色成分値とを対応づけることで作成されるデータであることを特徴とする印刷制御方法。

【請求項 8】 印刷装置で使用する各色のインク量と他の表色系における色成分値との対応関係を規定した対応関係定義データを参照して、上記他の表色系における色成分値を上記インク量に変換して印刷を実行させるための印刷データを生成する機能をコンピュータに実現させる印刷制御プログラムであって、

上記対応関係定義データは、上記各色のインク数より少ない色成分で規定される低次元色空間内における低次元色格子点と上記各色のインク量を成分としたインク量空間内におけるインク量格子点との対応関係を予め規定した第 1 対応関係定義データを参照して上記低次元色格子点と機器非依存色空間内の格子点との対応関係を取得し、上記低次元色空間の格子点位置情報を変数として上記機器非依存色空間内の格子点の配置の平滑程度を評価する関数であって、当該評価対象の格子点が属する色域の部位毎に異なる関数形であるとともに、当該色域の部位の境界に近い格子点であるほどその移動によって評価値が大きく低下する束縛条件を含む平滑程度評価関数を規定し、当該低次元色空間の格子点位置情報を変動させながら上記平滑程度評価関数の評価を向上させることによって上記機器非依存色空間内の格子点配置を最適化し、上記第 1 対応関係定義データを参照して当該最適化された状態での上記低次元色空間内の格子点に対応した上記各色のインク量と上記第 1 対応関係定義データに規定された低次元色空間内の格子点とを対応づけることによって上記対応関係定義データ作成用格子点とし、当該対応関係定義データ作成用格子点にて規定されるインク量での印刷結果を所定の測色機によって測色した測色値によって上記インク量と上記他の表色系における色成分値とを対応づけることで作成されるデータであることを特徴とする印刷制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、対応関係定義データ作成用格子点決定方法、対応関係定義データ作成用格子点決定装置、対応関係定義データ作成用格子点決定プログラム、印刷制

御装置、印刷制御方法および印刷制御プログラムに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

ディスプレイやプリンタ等の画像機器は、通常各画素の色を特定の色成分で階調表現したカラー画像データを使用している。例えば、R（レッド）、G（グリーン）、B（ブルー）の3色を使用したRGB色空間やC（シアン）、M（マゼンタ）、Y（イエロー）系統の色を使用したCMY系色空間（l c：ライトシアン、l m：ライトマゼンタ、D Y：ダークイエロー、K：ブラックを含む）等種々の色空間で色を規定して画像データとしている。これらの色は一般に画像機器固有の機器依存色であるので、種々の画像機器間で同じ画像を同じ色で出力可能にするために各機器での色の対応関係を規定した色補正LUT（ルックアップテーブル）が用いられている。

【0 0 0 3】

当該色補正LUTにおいて各画像機器で出力可能な色の総てについて対応関係を規定することは、記憶容量抑制や色補正LUT作成時の作業性等の関係で非現実的であるため、通常、特定数の代表色について対応関係を規定しておき、他の任意の色については補間演算によって対応関係を算出している。すなわち、膨大な数の色について測色を行うことをせず、実際に測色可能な範囲で画像機器から色を出力して測色を行うことによって特定数の代表色についての色補正LUTを規定している。

【0 0 0 4】

色補正LUTを作成する前には、測色対象となるこれら特定数の色、すなわち色空間内での複数の格子点を決定する必要がある。従来の格子点決定方法としては、分版処理が挙げられる。この分版処理においては、例えば、CMY空間に立方格子点を規定し、特定の変換規則に従って各格子点におけるCMYの3色をCMYK l c l mの6色に変換するなどしてインク色を成分とする格子点を決定する等の処理を行っている。このようにして決定したCMYとインク色成分との対応関係では上記変換規則に従っているが、色空間中での格子点配置の平滑程度を考慮していないので、分版処理後の格子点を参照して色変換する際の補間演算時

に局所的に精度の悪い部分が生じてしまう。そこで、分版処理後の格子点配置を平滑化するようにして格子点を決定し、平滑化した格子点を利用して色補正 L U T を作成する（例えば、特許文献 1）。

【0 0 0 5】

【特許文献 1】

特願 2 0 0 2 - 3 0 3 1 3 7 号公報

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

上述した従来の格子点決定方法では、格子点を平滑化する際の移動の自由度が制限され、使用するインク色によっては十分に平滑化できない場合があり、色域全体として局所的に平滑程度が悪化しないようにしつつ十分に平滑化できる格子点決定方法が望まれていた。すなわち、上記従来技術では C M Y 格子点平滑程度評価関数とインク量格子点平滑程度評価関数とを規定し、分版時の規則を満たすようにしながら各関数を個別に平滑化することによって格子点配置を平滑化していたので、格子点を移動する際には分版の規則を満たすよう格子点を移動する必要がある、十分に平滑化できないことがあった。特に R インクや V（バイオレット）インクを使用したときに十分に平滑化できない場合があった。

本発明は、上記課題にかんがみてなされたもので、高い自由度で格子点配置を移動して平滑化を行いつつ色域全体として十分に平滑化することが可能な対応関係定義データ作成用格子点決定方法、対応関係定義データ作成用格子点決定装置、対応関係定義データ作成用格子点決定プログラム、印刷制御装置、印刷制御方法および印刷制御プログラムの提供を目的とする。

【0 0 0 7】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

上記目的を達成するため、本発明では、上記低次元色空間の格子点位置情報を変数として上記機器非依存色空間内の格子点の配置の平滑程度を評価する平滑程度評価関数を規定する。また、この平滑程度評価関数は当該評価対象の格子点が属する色域の部位毎に異なる関数形であり、当該色域の部位の境界に近い格子点であるほどその移動によって評価値が大きく低下する束縛条件を含んでいる。そ

して、当該評価関数での評価を向上させることで格子点の配置を最適化している。すなわち、評価対象の格子点は最適化対象の格子点であり、格子点位置情報が変動されることにより機器非依存色空間の格子点を移動する。これにより、機器非依存色空間内で格子点の配置の平滑程度を評価する。

【0 0 0 8】

また、変動させる変数は低次元色空間の格子点位置情報であり、最適化対象の格子点は機器非依存色空間内に存在するので、格子点配置を平滑化して最適化する際に第1対応関係定義データで定義されたインク量を直接的に変動させることはなく、変数の調整に際して上記分版の規則による制約を受けることはない。すなわち、格子点位置情報を更新した後に当該格子点位置情報で指定される格子点に対応したインク量を算出し、上記第1対応関係定義データに規定された低次元色空間内の格子点に対応づけるものの、このインク量の算出に際して上記第1対応関係定義データに規定されたインク量自体を直接的に変更するものではない。

【0 0 0 9】

一方、最適化対象の格子点位置により、その移動の自由度を制限すべき位置と制限すべきでない位置とが存在しうるので、最適化対象の格子点位置によって異なった関数形の平滑程度評価関数とすることによって位置毎の自由度に的確に応じた状態で格子点を移動させる平滑程度評価関数にすることができる。さらに、色域の部位毎に異なる関数形によって格子点位置を最適化するとしたときに、異なる関数によって最適化される格子点同士の配置の平滑程度を無視すると、上記色域の部位のうち異なる部位に存在する格子点同士で配置の平滑程度が低下するおそれがある。しかし、本発明では色域の部位の境界に近い格子点であるほどその移動によって評価値が大きく低下する束縛条件を含んでいる。従って、色域の部位の境界に近い格子点は移動しづらい。このため、異なる色域の部位同士で全く別個に自由に格子点が移動することを防止し、当該境界で平滑程度が低くなることを防止することができる。

【0 0 1 0】

従って、低次元色空間の格子点位置情報を更新して機器非依存色空間内の格子点を移動させるに際して、上記色域の部位の境界でも平滑程度を低下させること

なく、かつ分版の規則に大きく影響されることなく高い自由度で低次元色空間の格子点位置情報および機器非依存色空間内の格子点を変更し、格子点配置を平滑化することができる。尚、格子点配置を平滑化する際に上記第1対応関係定義データに規定されたインク量を直接的に変動させることがないが、格子点配置の平滑化に際して上記分版時の規則は実質的に考慮されている。すなわち、上述の分版によれば各色のインク数より少ない色成分で規定される低次元色空間内における低次元色格子点と上記各色のインク量を成分としたインク量空間内におけるインク量格子点とを対応づけることができ、この対応関係を第1対応関係定義データとしている。

【0011】

平滑程度評価関数を決定する際には、第1対応関係定義データを参照して上記低次元色格子点と機器非依存色空間内の格子点との対応関係を取得する。これにより、低次元色空間の格子点位置情報を変数として機器非依存色空間内の格子点の配置の平滑程度を評価する平滑程度評価関数を決定することができる。従って、平滑程度評価関数では、上述のインク量を変動させないが第1対応関係定義データに規定された対応関係は反映している。このため、平滑程度評価関数での評価向上により、機器非依存色空間内での格子点配置の平滑化と分版時の規則の充足とを同時に満たすことができる。

【0012】

対応関係定義データは印刷装置と他の表色系における色成分値との対応関係を定義するデータであればよく、例えば、LUTであってもよいし、色の関係を規定したマトリックス等を含むいわゆるプロファイルであってもよい。上記他の表色系としてはL a b色空間（通常は $L^*a^*b^*$ のように*を付して示すが本明細書では簡単のため*を省略して示す。以下同じ。）やX Y Z色空間等の機器非依存色空間であってもよいし、ディスプレイ等で使用するRGB値やCMY値等によって形成される色空間であってもよい。また、本発明にかかる印刷装置では3色より多数色のインク、すなわち、CMYKの4色やCMYK l c l mの6色インクあるいはそれ以上の色数のインクを使用可能である。むろん、インクとしてはこれらに限らずCMYKRVの6色インクを使用する構成も採用可能である。

【0 0 1 3】

一方、第1対応関係定義データでは印刷装置で使用する各色インク数より少ない色成分で色を規定した低次元色空間の格子点と各色のインク量を成分としたインク量空間内におけるインク量格子点との対応関係を規定することができればよい。低次元色空間としては例えば、RGB色空間やCMY色空間を採用することができる。ここで、第1対応関係定義データにおいては各格子点で規定する色の対応関係を厳密に規定しておく必要がないので、この第1対応関係定義データを予め作成する際に自由に分版の規則を考慮することができる。

【0 0 1 4】

また、RGBの各色はCMYの各色といわゆる補色関係にあり、各色について $0 \sim 255$ の 256 階調の表現をした場合、色の厳密な一致を考慮しなければ $C = 255 - R$ 、 $M = 255 - G$ 、 $Y = 255 - B$ と考えることができる。従って、低次元色空間としてRGB色空間、CMY色空間のいずれを採用しても実質的には等価である。第1対応関係定義データを予め作成する際に考慮する規則としては種々の規則を採用可能であり、例えば、CMYの各色組み合わせを一定の比率でCMYK1c1mインクのいずれかに振り分けるための規則や印刷用紙に打ち込み可能なインク量の制限や粒状感発生防止のためのKインク使用制限等を考慮することができる。

【0 0 1 5】

平滑程度評価関数では、低次元色空間の格子点位置情報を変動させつつ機器非依存色空間内の格子点配置の平滑度を評価することができればよい。ここで、配置の平滑程度とは、空間中に各格子点が並んでいるときの歪みの程度である。例えば、機器非依存色空間に格子点が立方格子状に並んでいる場合には歪みが無いが、各格子点が立方格子点位置からずれると格子としては歪みが大きくなる。また、機器非依存色空間内に格子点が均等に並んでいるほど平滑程度が高いと言えるし、機器非依存色空間内で隣り合う格子点を結ぶ曲線であって当該機器非依存色空間に形成される色域の一方の境界から他方の境界に向けて引かれる曲線を考えたときに、この曲線が高次関数で記述されるほど平滑程度が低いと言える。

【0 0 1 6】

一般に、各色空間で整然と並んでいる格子点の方がその間に位置する色を補間演算によって算出する際に空間の局所的な位置によって補間精度を大きく変動させることなく補間を行うことができる。従って、本発明によって格子点位置を最適化することで、対応関係定義データ作成時に実施される補間の精度を高くすることができる。すなわち、本発明によれば、高精度に補間演算を実施可能な対応関係定義データ作成用格子点を容易に決定することができる。

【0017】

平滑程度評価関数においてはその値によって配置の平滑程度を示すことができる。平滑程度を示す評価値を理想値に近づけるようにすることによって評価を向上させる。例えば、格子点配置の平滑程度が高くなるほど値が小さくなる関数とすれば、当該関数の極小を与える低次元色空間の格子点位置情報を探索することによって格子点配置を最適化することができる。この場合、平滑程度評価関数の値自体が評価値である。この探索に際しては、種々の手法を採用可能である。例えば、準ニュートン法や共益勾配法等種々のアルゴリズムを採用することができる。

【0018】

さらに、平滑程度評価関数においては、平滑程度を評価する項、例えば平滑程度が低下すると値が大きくなる項のみを含むことが必須となるわけではなく、平滑程度を評価する項に加えて各種の条件を示す項を付加することができる。本発明においては、この条件として色域の部位の境界に近い格子点であるほどその移動によって評価値が大きく低下するように束縛条件を与えている。

【0019】

むろん、この条件の他にも種々の条件を加味することが可能である。例えば、格子点配置を色域内で全く均等にすることが理想であるとするのではなく、特定の部位で格子点が密になっているような状態を許容したり、格子点間隔が不均等となっている状態を許容するための項を付加しても良い。かかる構成は、特定の部位で格子点が密になっているときに値が小さくなる項や、格子点間隔が不均等となっているときに値が小さくなる項を付加することによって実現可能である。

【0020】

上記第 1 対応関係定義データからは、上記低次元色格子点と機器非依存色空間内の格子点との対応関係が取得できればよく、当該第 1 対応関係定義データに規定された上記低次元色格子点とインク量格子点との対応関係から種々の手法によって取得することができる。例えば、低次元色格子点に対応するインク量格子点が表示各色インク量で印刷を実施し、印刷結果のそれぞれを測色することによって機器非依存色空間内の格子点に対応する色成分値を取得しても良い。

【0 0 2 1】

また、第 1 対応関係定義データでは実際の色の対応関係を厳密に規定していないし、第 1 対応関係定義データに規定された低次元色格子点の総て（通常は 1 0 0 0 個程度）について印刷を行って測色するのは煩雑であるところ、近似式を利用して簡易的に演算しても良い。但し、近似式を利用すると言っても本発明では機器非依存色空間内の格子点配置を平滑化するので、物理的根拠に基づいた近似式によって低次元色格子点と機器非依存色空間内の格子点との対応関係を規定する。すなわち、近似式によって得られた機器非依存色空間内の格子点を平滑化した状態で実際の格子点も十分に平滑化されるようにする。

【0 0 2 2】

近似式を利用する例としては、少数（本発明では各色インク毎 1 6 個程度で充分）の測色と演算を組み合わせる構成を採用可能である。より具体的には、測色数を抑えるために各色のインクを単色で印刷した複数のパッチを測色し当該測色値を参照して近似計算により上記機器非依存色空間の色成分値を算出する。近似式としてはインクの濃度測色値を RGB 輝度の成分値に変換する式等を利用することができる。この演算により各パッチを印刷する際に使用した各色毎のインク量と RGB 輝度との対応関係を取得することができる。

【0 0 2 3】

この状態では各色毎のインク量と RGB 輝度とが対応づけられているので、この対応関係によれば各色インクの組み合わせに対応した RGB 輝度を算出することができる。例えば、各色インクを組み合わせた場合の RGB 輝度は各色インク毎の RGB 輝度 RGB 成分毎に乗じたものであると仮定すれば、上記対応関係によって任意のインク量の組み合わせについて RGB 輝度を算出することができる。

。

【 0 0 2 4 】

従って、この段階で補間演算によって上記第 1 対応関係定義データに規定されたインク量の組み合わせを R G B 輝度の成分値に変換可能になる。R G B 輝度の成分値はマトリクス演算等によって近似的に機器非依存色空間の格子点に変換することができる（例えば、s R G B 値を L a b 値に変換する公知の式等）。このようにして上記第 1 対応関係定義データに規定されたインク量の組み合わせを機器非依存色空間内の格子点に対応づけることにより、結局、低次元色空間の格子点と機器非依存色空間の格子点とを対応づけたことになる。すなわち、評価関数を規定する際に、一旦上記第 1 対応関係定義データを参照することにより、当該第 1 対応関係定義データ作成時に考慮した分版の規則を加味しつつ低次元色空間の格子点位置情報を変数とした平滑程度評価関数を作成することができる。

【 0 0 2 5 】

さらに、平滑程度を評価する手法としては種々の構成を採用しうるが、簡易な構成の一例として最適化対象の格子点に隣接する隣接格子点へ向けたベクトルであって互いに略逆向きのベクトルの和の絶対値を含む関数を採用可能である。すなわち、隣接格子点へ向けたベクトルであって互いに略逆向きのベクトルの和は、両ベクトルの大きさが等しく、向きが正反対である時に” 0 ” となる。従って、平滑程度評価関数にこの和の絶対値を含む関数であれば、その値を極小化することによって最適化対象の格子点とその隣接格子点との距離を均等に近づけることができるし、最適化対象の格子点を隣接格子点同士を結ぶ直線上に近づけることができる。この構成において、複数の最適化対象の格子点について最適化処理を行うことによってこれら複数の格子点について配置の平滑程度を高くすることができる。

【 0 0 2 6 】

また、平滑程度評価関数は上述のように色域の部位毎に異なる関数形であるが、最適化対象の格子点位置によって移動自由度が異なる場合に自由度の差異に的確に応じた状態で格子点を移動させることができればよい。色域の部位毎に異なる関数形とする例として、色域の大きさを維持するために色域の部位毎に異なる

関数形とする例が挙げられる。すなわち、最適化対象の格子点を最適化する際に色域境界上に存在する格子点を自由に移動させると、色域の外側あるいは内側に格子点が移動する。色域の外側に格子点が移動した場合、その色は出力不可能であるため意味がない（後述するガマットマッピング等によって再び色域内に戻される）。色域の内側に格子点が移動した場合、印刷装置で本来表現可能な色の範囲を狭めてしまい、印刷の階調表現能力を低下させてしまう。

【0 0 2 7】

そこで、最適化対象の格子点が色域境界上の稜線に属する場合に、当該稜線上に存在するとともに当該最適化対象の格子点を挟んで互いに逆側に存在する格子点を隣接格子点とし、最適化対象の格子点から隣接格子点へ向けたベクトルであって互いに略逆向きのベクトルの和の絶対値を含む関数を平滑程度評価関数とする。かかる構成によれば、平滑程度の比較対象が稜線上の隣接格子点のみになるので、平滑程度評価関数の値を効果的に変動させるための最適化対象格子点の移動方向は当該稜線に沿った方向となり、最適化対象の格子点を稜線に沿って移動させやすくなる。従って、容易に色域の大きさを維持することができる。

【0 0 2 8】

むろん、最適化対象の格子点が稜線上のみを移動するように構成することも可能である。すなわち、RGB表色系やCMY表色系のように色成分値によって各色の輝度や濃度を表現する表色系では、色域の境界において各色成分値のいずれか少なくとも一つが最小値あるいは最大値になっている。従って、色域境界の稜線上では色成分値の二つが最小値あるいは最大値であり、他の一つが可変である。そこで、平滑程度評価関数の変数としての格子点位置情報に所定の束縛条件を課し、色成分値のいずれか一つを可変とし、他の色成分値を固定すれば、格子点を稜線上で移動させることができる。

【0 0 2 9】

さらに、色域の部位としては上記稜線以外にも色域上の外面を採用可能である。すなわち、最適化対象の格子点が色域境界上の外面に属する場合に、当該外面上に存在するとともに当該最適化対象の格子点を挟んで互いに逆側に存在する格子点を隣接格子点とし、最適化対象の格子点から隣接格子点へ向けたベクトルで

あって互いに略逆向きのベクトルの和の絶対値を含む関数を平滑程度評価関数とする。かかる構成によれば、平滑程度の比較対象が外面上の隣接格子点のみになるので、平滑程度評価関数の値を効果的に変動させるための最適化対象格子点の移動方向は当該外面に沿った方向となり、最適化対象の格子点を色域外面に沿って移動させやすくなる。従って、容易に色域の大きさを維持することができる。

【0030】

尚、隣接格子点としては、最適化対象の格子点を挟んで互いに逆側に存在する2つの格子点を組とし、2組計4個の隣接格子点を採用すれば最適化対象の格子点を色域の外面に沿って移動させることができるが、むしろ、3組計6個以上の隣接格子点を採用しても良い。また、ここでも最適化対象の格子点が外面上のみを移動するように構成することも可能である。すなわち、RGB表色系やCMY表色系のように色成分値によって各色の輝度や濃度を表現する表色系では、色域の境界の外面上で各色成分値のいずれか一つが最小値あるいは最大値になっている。そこで、平滑程度評価関数の変数としての格子点位置情報に所定の束縛条件を課し、色成分値のいずれか二つを可変とし、他の色成分値を固定すれば、格子点を外面上で移動させることができる。

【0031】

さらに、色域の部位として上記稜線および外面以外にも色域内部を採用可能である。すなわち、最適化対象の格子点が色域境界より内側に属する場合に、色域内に属するとともに当該最適化対象の格子点を挟んで互いに逆側に存在する格子点を隣接格子点とし、最適化対象の格子点から隣接格子点へ向けたベクトルであって互いに略逆向きのベクトルの和の絶対値を含む関数を平滑程度評価関数とする。かかる構成によれば、平滑程度の比較対象が最適化対象の周囲で隣接する隣接格子点になる。

【0032】

ここで、隣接格子点としては、最適化対象の格子点を挟んで互いに逆側に存在する2つの格子点を組とし、3組計6個の隣接格子点を採用すれば最適化対象の格子点を色域の内側で3次元的に移動させることができるが、むしろ、3組計6個以上の隣接格子点を採用しても良い。尚、ここで最適化対象の格子点としては

色域の内側、すなわち、色域の境界を除いて色域の内側に存在する格子点であるが、隣接格子点としては色域内に属していればよく、色域の境界上の格子点を当該隣接格子点としても良い。

【0033】

以上のように最適化対象の格子点に隣接する隣接格子点へ向けたベクトルであって互いに略逆向きのベクトルの和の絶対値によって平滑程度を評価することができる一方、当該絶対値とは別の項を平滑程度評価関数に付加することにより、上記色域の部位のうち異なる部位に存在する格子点同士で配置の平滑程度が低下することを防止することができる。その構成のより具体的な例としては、平滑程度評価関数に上記変動前の低次元色空間の格子点位置情報と変動後の低次元色空間の格子点位置情報との差の大きさを示す式に上記低次元色空間の色成分値の midpoint から離れるほど値の大きくなる重み係数を乗じて得られる項を付加する構成が挙げられる。

【0034】

すなわち、変動前の低次元色空間の格子点位置情報と変動後の低次元色空間の格子点位置情報との差の大きさを示す式は格子点位置情報が変動すると大きくなるので、この式に対して低次元色空間の色成分値の midpoint から離れるほど値の大きくなる重み係数を乗じると、格子点位置情報で特定される格子点が低次元色空間の色成分値の midpoint から離れた色成分値に対応した格子点であるほど、また、その色成分値が変動（格子点が移動）するほど平滑程度評価関数の値が大きくなるようにすることができる。

【0035】

従って、この平滑程度評価関数を極小化することによって格子点配置を最適化するときに、格子点位置情報で特定される低次元色格子点において色成分値がその midpoint から離れるほど移動しづらくすることができる。色成分値がその midpoint から離れている低次元色格子点は色域の境界に近い格子点である。従って、上記色域の部位の境界に近い格子点であるほど移動しづらいことになる。

【0036】

また、この重み係数は低次元色空間の色成分値の midpoint から離れるほど値の大き

くなるように構成すればよいが、その一例として、低次元色空間の色成分値がその中点から離れるほど重み係数の増大率が大きくなるような構成を採用可能である。すなわち、低次元色空間の色成分値をその中点（値域の中央点）から最大値あるいは最小値まで変化させたときに、色成分値がその中点に近いときには重み係数が小さいまま維持され、色成分値がその中点から遠ざかるに従い色成分値の増加度合より大きな度合で重み係数が増加する。

【0 0 3 7】

従って、色成分値が中点付近にある場合に重み係数の影響をほとんど受けないようにすることができ、高い自由度で格子点配置を平滑化することができる。むしろ、色成分値の増加度合に対して重み係数の増加度合を急激にすると移動の自由度が急激に変化してしまうことを防止するなど、重み係数の増加度合は適宜調整することができる。

【0 0 3 8】

ところで、上述した対応関係定義データ作成用格子点決定方法を利用すれば、コンピュータ等種々の装置によって対応関係定義データ作成用格子点を作成することができる。従って、請求項 4 にかかる発明のように装置としても機能するし、むしろ請求項 5 にかかる発明のようにコンピュータにて実行されるプログラムとしても発明は機能する。さらに、本発明によって対応関係定義データ作成用格子点が決まると、当該対応関係定義データ作成用格子点にて特定されるインク量でのプリンタによる出力色を測色し、当該測色値によって当該インク量と他の画像機器（例えばディスプレイ）での使用色とを対応づけることが可能になる。この結果、生成される L U T やプロファイル等の対応関係定義データでは高精度に色変換を実施可能である。従って、これらの L U T やプロファイルを利用した処理装置等も本発明の技術思想を利用していると言える。

【0 0 3 9】

すなわち、請求項 6 のように実体のある印刷制御装置としても有効であることに相違はないし、請求項 7 のように実体のある印刷制御方法としても有効であるし、請求項 8 のように印刷制御プログラムとしても有効である。また、このような本発明にかかる装置、方法は単独で実施される場合もあるし、ある機器に組み

込まれた状態で他の装置、方法とともに実施されることもあるなど、発明の思想としてはこれに限らず、各種の態様を含むものであり、適宜、変更可能である。もちろん、ソフトウェアを記録した記録媒体上においても当然に存在し、利用される。記録媒体は、磁気記録媒体であってもよいし光磁気記録媒体であってもよいし、今後開発されるいかなる記録媒体においても全く同様に考えることができる。また、一次複製品、二次複製品などの複製段階については全く問う余地無く同等である。

【0 0 4 0】

その他、供給方法として通信回線を利用して行なう場合でも本発明が利用されていることにはかわりない。さらに、一部がソフトウェアであって、一部がハードウェアで実現されている場合においても発明の思想において全く異なるものではなく、一部を記録媒体上に記憶しておいて必要に応じて適宜読み込まれるような形態のものとしてあってもよい。また、必ずしも全部の機能を当該プログラム自身で実現するのではなく、外部のプログラムなどに実現させるようなものであっても良い。その場合であっても、各機能をコンピュータに実現させ得るものであればよいからである。

【0 0 4 1】

【発明の実施の形態】

ここでは、下記の順序に従って本発明の実施の形態について説明する。

- (1) 色補正 L U T 作成およびスムージングの概要：
- (2) 印刷制御装置：
- (3) スムージング処理：
- (4) 評価関数による最適化：
 - (4 - 1) 評価関数 E_1 ：
 - (4 - 2) 評価関数 E_2 ：
 - (4 - 3) 評価関数 E_3 ：
- (5) 他の実施形態：

【0 0 4 2】

- (1) 色補正 L U T 作成およびスムージングの概要：

図 1 は、プリンタで印刷を実行する際に参照される色補正 L U T の作成工程を概略的に説明する説明図であり、図 2 はこの色補正 L U T を作成する際に実施されるスムージングを概略的に説明する説明図である。これらの工程は多くの演算処理を必要とするのでコンピュータを利用するのが好ましい。また、実際に印刷を行うので、作成後の色補正 L U T を利用するプリンタで印刷を行うのが好ましく、後述するハーフトーン処理（H T）としても当該プリンタで採用しているハーフトーン処理と同じアルゴリズムであることが必要とされる。

【 0 0 4 3 】

本実施形態における色補正 L U T は、s R G B データと C M Y K l c l m データとの対応関係を複数個の参照点について定義したテーブルであり、これらの参照点を参照して補間処理を実施することによって任意の色について s R G B データと C M Y K l c l m データとを対応づけることができる。この色補正 L U T を作成するために、本実施形態においては予め分版 L U T を作成しておく。尚、この色補正 L U T が上記請求項に言う対応関係定義データに相当し、分版 L U T が上記請求項に言う第 1 対応関係定義データに相当する。本実施形態において分版 L U T は、3 次元の R G B データを複数の規則に従って 6 次元の C M Y K l c l m データに変換し、得られた結果を対応づけて作成される L U T であり、R G B データと C M Y K l c l m データとの対応関係を複数個の参照点について定義している。

【 0 0 4 4 】

すなわち、C M Y K l c l m の 6 色を組み合わせれば同じ色を異なる C M Y K l c l m 値の組み合わせで表現可能であり、R G B データが示す色に対応する C M Y K l c l m データを一義的に決定するのは煩雑であるので、特定の規則に従うこととして R G B データと C M Y K l c l m データとの対応関係を定義したものである。特定の規則によって R G B データを C M Y K l c l m データに対応づけているため、分版 L U T では上記色補正 L U T と異なり参照点の R G B データが画像機器で使用されるデータであるとしたときにその色と C M Y K l c l m データが示す色とが必ずしも一致しない。

【 0 0 4 5 】

尚、RGBデータおよびCMYK l c l mデータの階調値域としては各画像機器で使用される階調値域（多くは0～255）を採用する。また、RGBの各色はCMYの各色と補色関係にあることから、階調値によって色を厳密に規定しないのであれば $C = 255 - R$ 、 $M = 255 - G$ 、 $Y = 255 - B$ としてもよく、この意味で分版LUTにおけるRGBデータはCMYデータであっても良い。上述の特定の規則としては種々の規則を採用可能である。例えば、RGBデータをCMYデータとみたときにCMYの各階調値から等量の値aを減じるとともに $C = M = Y = a$ をKの階調値bで代替させ、CおよびMの残りについて一定の比率でl cおよびl mで代替させることとする規則など、CMYの各階調値について等価と思われるCMYK l c l m階調値で代替させる規則を採用可能である。

【0046】

さらに、CMYK l c l mの各階調値は各色インクの使用量を特定するので、インクの使用制限、すなわち単位面積あたりに記録するインク重量を特定の重量以下に制限する条件およびインク発生制限、すなわち粒状感を与えにくくしたり光源による発色の差を低減したりするために特定のインクの使用量を制限する条件を加味してCMYK l c l mの各階調値を決定する。また、CMYK l c l mインクの組み合わせによって表現可能な色が多いほど画質向上の上で好ましいことから、色域をなるべく広くとるようにする。

【0047】

これらの規則は、最終的に作成される色補正LUTを参照して印刷を実行する際に非常に重要であり、これらの規則を加味していないと印刷に支障を来したり、高画質の印刷が実現できないなどの不都合が生じる。一方、これらの規則はCMYK l c l mのインク量を調整する段階で考慮することができるが、分版LUTを一旦作成した後、色補正LUTを作成する際に再度CMYK l c l mのインク量を調整するのは好ましくない。分版LUTに規定されたRGB値とCMYK l c l m値との対応関係を調整するのであれば、調整時に上記規則に従うように調整する必要が生じてしまう。そこで、本発明においては、分版LUTにおいて考慮された上述のインク発生制限等を維持しながら後述するスムージング処理等を実施し、さらに処理後のRGBデータとCMYK l c l mデータのそれぞれが

示す色の厳密な対応関係を規定して色補正 L U T を作成する。

【 0 0 4 8 】

スムージングは、分版 L U T に規定された C M Y K l c l m データの組み合わせによる色を L a b 色空間中の格子点としたときに、これらの格子点の配置を平滑化する処理である。すなわち、上述の分版 L U T では C M Y K l c l m データの組み合わせで定義された色を L a b 色空間中の格子点で表現したときの格子点配置の平滑度が低い。格子点配置の平滑度が低いという状態は、L a b 色空間中で隣り合う格子点を結ぶ曲線であって L a b 色空間中に形成される色域の一方の境界から他方の境界に向けて引かれる曲線を考えたときに、この曲線が高次関数で記述される状態であるといえる。

【 0 0 4 9 】

色補正 L U T を作成する際には後述するように補間演算を利用する。また、色補正 L U T を参照した色変換に際しても補間演算を利用する。補間演算には線形補間やスプライン補間等種々の手法があるが、いずれにしても補間対象の格子点の周囲に存在する格子点から当該補間対象の格子点の色を計算する。従って、格子点配置の平滑度が低いと（あるいは上述の曲線が高次関数であるほど）、補間演算の精度が低くなる。

【 0 0 5 0 】

このように、補間演算の精度が低いと最終的な作成対象である色補正 L U T にて定義する s R G B データと C M Y K l c l m データとの対応を高精度に定義できず、印刷時の色変換精度が悪くなる。しかも、上記分版 L U T に規定された C M Y K l c l m データが示す格子点配置の平滑度は全体として均一ではなく、L a b 色空間の位置によって差異があり、補間精度も色空間中で差異が生じ、局所的に色変換精度に差異が生じる。この状況において印刷を実行すると、特にグラデーションなど色が連続して変化するような画像を印刷した場合に色が滑らかに変化せず、高画質の印刷が実行できない。

【 0 0 5 1 】

そこで、本発明においてはスムージング処理によって格子点配置を平滑化している。上記分版 L U T は上述のように R G B データと C M Y K l c l m データと

の対応関係を定義しており、RGBデータについては、RGB各色のピッチを一定にすることにより、その格子点が直交3次元空間のRGB色空間で図2の左上に示すような立方格子点を形成するようにしてある。これらの立方格子点はその配置に歪みが無く平滑程度が高いといえる。

【0052】

一方、CMYK l c l mデータによる色域はLab色空間中で歪んでいる。すなわち、図2の右上にはLab色空間中の当該色域を示しており、同図に示すようにLab色空間中で色域はいびつな形をしている。また、上記分版LUTにおいては互いに隣り合う格子点の配置を考慮せず、また、上記各種規則に従ってCMYK l c l mデータを決定している。従って、CMYK l c l mデータが示す色をLab色空間中に配置すると、いびつな色域内に秩序無く格子点が存在するかのごとく格子点が配置される。すなわち、格子点配置の平滑程度が低い。

【0053】

そこで、本実施形態のスミージング処理においては、分版LUTに定義されたCMYK l c l mデータが示す色の格子点配置を仮想的なLab色空間中で平滑化して格子点配置の平滑程度が高いLUT（本明細書ではこのLUTを色補正無しLUTと呼ぶ。この色補正無しLUTが上記請求項に言う対応関係定義データ作成用格子点に相当する。）を作成する。図2中央から下部では分版LUTから色補正LUTを作成する際の処理概要を示している。本実施形態では、分版LUTのRGB格子点位置を指定する位置情報（ P_r , P_g , P_b ）を変数として仮想的なLab色空間中の格子点をベクトル $L_p = f(P_r, P_g, P_b)$ で表現し、当該位置情報（ P_r , P_g , P_b ）を逐次更新する。

【0054】

すなわち、位置情報（ P_r , P_g , P_b ）を逐次更新する再帰演算により、調整対象の格子点位置が周りの格子点位置との関係で平滑になるまでベクトル L_p が示す格子点位置を調整する。これにより、仮想的なLab色空間中で格子点の配置をスミージングしている。尚、本実施形態における位置情報は、 $0 \leq P_r \leq R$ 方向の格子点数-1, $0 \leq P_g \leq G$ 方向の格子点数-1, $0 \leq P_b \leq B$ 方向の格子点数-1であるが、この位置情報は格子点位置を指定することができれば良

くRGBデータであっても良い。ただし、後述するように色補正LUTに規定されるRGBデータと分版LUTに規定されるRGBデータとは同値であるので、この場合であっても位置情報はCMYK l c l mデータを更新するために使用され、分版LUTに規定されたRGBデータの値を更新するために使用される訳ではない。ここで、上記fは仮想Lab色空間中での格子点配置の平滑程度を評価する評価関数であり、上記位置情報を変数としているが、各位置情報を任意に更新可能にすると格子点移動の自由度が過大となり、色域の大きさを維持することができない場合がある。

【0055】

そこで、本発明においては、最適化対象の格子点が属する色域の部位毎に異なる関数形の評価関数を採用し、また、色域の部位によって更新可能な変数を制限しながら格子点位置を調整する。但し、このように色域の部位毎に関数および更新可能な変数が異なると、これら部位の境界においては格子点同士に相関が無く、これら部位の境界上に存在する格子点同士で配置の平滑程度を制御することができない。そこで、本発明においては、色域の部位毎に異なる関数形の評価関数を使用しながらも、当該色域の部位の境界上で格子点配置の平滑程度を考慮するための束縛条件を含む評価関数を規定している。この結果、上記再帰演算の過程で色域の部位毎に異なる関数形の評価関数を利用しながらも、当該色域の部位の境界で平滑程度が著しく低下することを防止することができる。

【0056】

尚、上記仮想的なLab色空間の格子点は、少数のカラーチャートの測色値から簡易的な演算によって取得した仮想RGB輝度をさらに所定の演算式によって変換して得られるLab値を成分としている。この演算は簡易的な演算であるが、演算式が物理的に無意味ということはなくこの格子点の配置を平滑化することで実際のLab色空間中でも十分に配置が平滑化した格子点が得られるようにしている。すなわち、上記簡易的な演算は後述するようにランベルト・ベールの法則（新編色彩科学ハンドブック第2版 東京大学出版会 222頁）をより簡略した演算であり、この演算によればCMYK l c l mデータに対する実際のLab値を厳密ではないが近似した状態で算出することができる。

【0057】

そこで、本明細書ではこの $L a b$ 値を仮想 $L a b$ 値としている。この仮想的な $L a b$ 色空間中で配置の平滑程度が高い格子点となるように位置情報 ($P' r$, $P' g$, $P' b$) を決定することができれば、分版 $L U T$ を利用して位置情報 ($P' r$, $P' g$, $P' b$) に対応するインク量を算出することで上述の色補正無し $L U T$ を作成することができる。図2の拡大模式図ではスムージング前後の $R G B$ データと位置情報との関係を模式的に示している。この図において直線上の黒丸は $R G B$ 色空間中の格子点を示しており、各格子点における $R G B$ データはそれぞれ R_0 , G_0 , B_0 および R_1 , G_1 , B_1 である。

【0058】

$R G B$ データが R_0 , G_0 , B_0 となっている格子点がスムージング対象であるとき、その位置情報は ($P r$, $P g$, $P b$) であり、スムージング後に白丸に相当する格子点位置を示す位置情報 ($P' r$, $P' g$, $P' b$) が得られたとする。このとき、この位置情報で特定される白丸の格子点の周りにある格子点においては上述の分版規則を満たす $C M Y K l c l m$ データが対応づけられているので、これらのデータを利用して補間演算を実施すれば、白丸で示す格子点に対応するデータ $C_1 M_1 Y_1 K_1 l c_1 l m_1$ を算出することができる。そこで、スムージング対象の格子点についての $R G B$ データ (R_0 , G_0 , B_0) に対して当該 $C M Y K l c l m$ データ ($C_1 M_1 Y_1 K_1 l c_1 l m_1$) を対応づけることによって色補正なし $L U T$ とする。

【0059】

以上のスムージング処理により、分版 $L U T$ で定義された $C M Y K l c l m$ データのみを参照しつつ最適化後の格子点位置に対応する $C M Y K l c l m$ データを算出し、 $L a b$ 色空間内の格子点配置の平滑程度が高い色補正なし $L U T$ を作成することができる。すなわち、スムージング処理は仮想 $L a b$ 色空間で実施され、その変数は位置情報であり、この位置情報を更新する構成を採用することによって再帰演算実施時に上述の分版の規則を考慮することなく仮想 $L a b$ 格子点を自由に変動することができる。しかし、格子点を最適化した後には、分版 $L U T$ に定義された $C M Y K l c l m$ データを参照し、最適化後の位置情報に相当す

る CMYK l c l m データを算出する。

【 0 0 6 0 】

従って、分版 L U T で定義され、上述の分版の規則を満たした CMYK l c l m データのみから最適化後の CMYK l c l m データを取得することができる。すなわち、ある色に相当する CMYK l c l m の組み合わせが多数存在する中で、分版の規則を満たす CMYK l c l m データを参照して補間演算を行うことにより、補間後の CMYK l c l m データにおいても上述の分版の規則を満たすことを担保することができる。尚、この補間演算としていわゆる線形補間を行えば、分版の規則を満たす CMYK l c l m データから逸脱することがなく好ましいが、むしろ、非線形の補間演算を行ったとしても、分版の規則をほぼ満たしていると言える。

【 0 0 6 1 】

この結果、分版 L U T の作成時に考慮した各種規則は維持したままスムージングを行うことができ、当該各種規則と平滑程度の高い格子点配置という 2 点を同時に満たす色補正なし L U T を作成することができる。この色補正なし L U T に規定された色に相当する格子点の配置は L a b 色空間中で平滑程度が高いので、この色補正なし L U T に規定された色を参照して高精度に補間演算を実行することができる。

【 0 0 6 2 】

以上のようにして作成した色補正無し L U T においては上記分版 L U T を作成する際に考慮した各種の規則を満たし、かつ格子点配置が平滑になるような参照点を規定しているが、色補正無し L U T で規定する R G B データを画像データの色成分値としたときの色（s R G B で規定される色）と対応する CMYK l c l m データで印刷を実行したときの色とでは色が一致するとは限らない。すなわち、この対応関係は上記分版 L U T を作成する際に上述の規則に従ったのみであり、両者の色が一致するような担保はなされていない。

【 0 0 6 3 】

そこで、これらの色を一致させた色補正 L U T を作成するのであるが、表色系が異なると色の一致を判定することが困難であるため、本実施形態においては L

a b 色空間で s R G B データが示す色と C M Y K l c l m データが示す色とを対応づける。この表色系の変換時には補間演算を実施するが、上記色補正無し L U T は高精度に補間演算が実施できるようにスムージングしてあるので、当該高精度の補間演算により高精度に色変換可能な色補正 L U T を作成することができる。

【 0 0 6 4 】

色補正 L U T の作成のためには、まず色補正無し L U T に規定された各 R G B データによって複数のパッチを印刷してカラーチャートを取得する。この色補正なし L U T では R G B データと C M Y K l c l m データとが対応づけられているので、の R G B データによる印刷は色補正なし L U T に規定された C M Y K l c l m データによる印刷と等価である。カラーチャートが得られれば、測色機によってチャート上のパッチを逐次測色することによって色補正無し L U T に規定された各 R G B データで印刷されるパッチの L a b 値を取得することができる。一方、色補正 L U T に登録する参照点としての s R G B データは予め決めておく（本実施形態ではこの s R G B データをターゲットと呼ぶ）。s R G B データは公知の式によって対応する L a b 値を取得することができるので、上記ターゲットに対応する L a b 値は容易に取得することができる。

【 0 0 6 5 】

この s R G B データが示す色が色補正無し L U T に規定された R G B 表色系でどのような値であるのか把握することができれば、色補正無し L U T を参照してその R G B データを C M Y K l c l m データに変換することにより、s R G B データと C M Y K l c l m データとを対応づけて色補正 L U T を作成することができる。そこで、上記色補正無し L U T に規定された各 R G B データで印刷されるパッチの L a b 値を参照して補間演算を実施し、上記 s R G B データが示す色の L a b 値に対応する R G B データを取得する。

【 0 0 6 6 】

そして、上記色補正無し L U T を参照してこの R G B データに対応する C M Y K l c l m データを取得する。この R G B データは上記 s R G B データが示す色の L a b 値に対応しているので、この C M Y K l c l m データが示す色は s R G

Bデータが示す色と一致する。従って、両者を対応づけたテーブルを作成することによって色補正LUTを作成することができる。尚、本実施形態においては、ターゲットのLab値と色補正無しLUTのRGBデータとを対応づける前にガマットマッピングを行っている。

【0067】

すなわち、sRGBデータによって表現可能な色の色域と色補正無しLUTに規定されたRGBデータによって表現可能な色の色域とではその大きさが異なるので、両者を一致するように色域圧縮を行っている。むろん、ここではガマットマッピング以外に種々の補正を行っても良い。例えば、人間は空や肌の色を実際の色より鮮やかに記憶している傾向にあるなど人間の記憶色と実際の色と異なるので、人間の記憶色に近くなるように色を補正しても良い。いずれにしても、測色およびsRGBの変換式によって色をLab値で考えることにより、色補正無しLUTに規定されたデータからsRGBデータとCMYKlclmデータとを対応づけた色補正LUTを作成することができる。

【0068】

尚、本発明におけるスムージングは機器非依存色空間内で格子点配置の平滑程度を向上することを目的としているが、配置の平滑程度を向上することのみに着目すれば、上記図1に示す色補正LUT作成の各段階でもスムージングを実施し得る。しかし、上述の色補正なしLUTを作成する際にスムージングを行い、その後にターゲットLab値と対応づけるための測色を行う構成にすることにより、ターゲットLab値と色補正なしLUTのRGBデータとを非常に高精度に一致させることができる。

【0069】

すなわち、分版LUTに規定されたRGBデータとCMYKlclmデータとに基づいてスムージング処理を行う前にカラーチャートを印刷して測色を行い、測色で得られるLab値等により機器非依存色空間内でスムージングをした場合であっても格子点配置の平滑程度は向上する。しかし、スムージング後のLab値と測色対象のCMYKlclmデータとでは色が異なっている。また、スムージング後のLab値に対応するCMYKlclmデータを補間によって算出しよ

うとしても補間時に参照する周囲のL a b値はスムージング前の格子点であるため、正確に補間演算をすることができない。

【0070】

従って、いずれにしてもスムージング後のL a b値と分版L U Tに規定されたC M Y K l c l mデータとで色がずれてしまう。この状況でスムージング後のL a b値と上記ターゲットL a b値とを対応づけて色補正L U Tを作成したとしても、色補正L U Tで定義するs R G BデータとC M Y K l c l mデータとの対応を高精度に定義できず、印刷時の色変換精度が悪くなる。一方、本発明においては、機器非依存色空間内でスムージングを行い、最適化された位置情報に対応するC M Y K l c l mデータを分版L U Tに規定されたC M Y K l c l mデータに基づく補間演算で取得して色補正なしL U Tを作成し、その後に色補正なしL U TのR G Bデータ（あるいはC M Y K l c l mデータ）とターゲットL a b値と対応づけるための測色を行う。

【0071】

従って、測色値に対応する色とC M Y K l c l mデータが示す色とがずれることはないし、測色値とターゲットL a b値とを対応づけるために補間演算を行うとしても、補間時に参照する周囲のL a b値はスムージング後の格子点であるため正確に補間演算をすることができる。この結果、機器非依存色空間内で格子点配置をスムージングして高精度に色変換可能な色補正L U Tを作成することが可能になる。

【0072】

（2）印刷制御装置：

次に、本発明にかかるスムージング処理を利用して作成された色補正L U Tを参照して印刷を行う印刷制御装置の構成を説明する。図3は当該印刷制御装置のハードウェア構成を示すブロック図であり、図4は印刷制御装置にて実行されるプログラムを示すブロック図である。本実施形態にかかる印刷制御装置は汎用的なP Cによって形成され、図3に示す例のように各種周辺機器を接続し、印刷対象の画像を処理し、印刷を実行する。

【0073】

すなわち、PC 12は、画像入力デバイスとして、スキャナ11aとデジタルスチルカメラ11bとビデオカメラ11cとを備えており、PC 12に接続されている。それぞれの入力デバイスでの画像はドットマトリクス状の画素で構成され、RGBの三原色においてそれぞれ256階調表示することにより、約1670万色を表現可能となっている。また、本実施形態においてはこの画像データとしてsRGB表色系を採用し、上記色補正LUTにて色変換を実施できるようにしている。

【0074】

PC 12には、外部補助記憶装置としてのフレキシブルディスクドライブ13aとハードディスク13bとCD-ROMドライブ13cとが接続されており、ハードディスク13bにはシステム関連の主要プログラムが記録されており、フレキシブルディスクやCD-ROMなどから適宜必要なプログラムなどを読み込み可能となっている。また、PC 12を外部のネットワークなどに接続するための通信デバイスとしてモデム14aが接続されており、外部のネットワークに公衆通信回線を介して接続し、ソフトウェアやデータをダウンロードして導入可能となっている。この例ではモデム14aにて電話回線を介して外部にアクセスするようにしているが、LANアダプタを介してネットワークに対してアクセスする構成とすることも可能である。その他、PC 12の操作用にキーボード15aやマウス15bも接続されている。

【0075】

さらに、画像出力デバイスとして、ディスプレイ17a、プリンタ17cおよびプロジェクタ17bを備えている。ディスプレイ17aについては水平方向に800画素と垂直方向に600画素の表示エリアを備えており、各画素毎に上述した1670万色の表示が可能となっている。この解像度は一例に過ぎず、640×480画素であったり、1024×768画素であるなど、適宜、変更可能である。また、プリンタ17cはインクジェットプリンタであり、CMYK1c1mの六色の色インクを用いてメディアたる印刷用紙上にドットを付して画像を印刷可能となっている。

【0076】

一方、このような画像入力デバイスを使用して画像を入力しつつ、画像出力デバイスに表示あるいは出力するため、P C 1 2 内では所定のプログラムが実行されることになる。そのうち、基本プログラムとして稼働しているのはオペレーティングシステム（O S）1 2 aであり、このオペレーティングシステム1 2 aには、ディスプレイ1 7 aでの表示を行わせるディスプレイドライバ1 2 bと、プリンタ1 7 cに印刷出力を行わせるプリンタドライバ1 2 cと、プロジェクタ1 7 bでの表示を行わせるプロジェクタドライバ1 2 i（図示せず）が組み込まれている。

【0 0 7 7】

これらのドライバ1 2 b、1 2 cおよび1 2 iはディスプレイ1 7 a、プリンタ1 7 cおよびプロジェクタ1 7 bの機種に依存しており、それぞれの機種に応じてオペレーティングシステム1 2 aに対して追加変更可能である。また、機種に依存して標準処理以上の付加機能を実現することもできるようになっている。すなわち、オペレーティングシステム1 2 aという標準システム上で共通化した処理体系を維持しつつ、許容される範囲内での各種の追加的処理を実現できる。

【0 0 7 8】

このようなプログラムを実行する前提として、P C 1 2は、C P U 1 2 e、R A M 1 2 f、R O M 1 2 gおよびI / O 1 2 hなどを備え、演算処理を実行するC P U 1 2 eがR A M 1 2 fを一時的なワークエリアや設定記憶領域として使用したりプログラム領域として使用しながら、R A M 1 2 fに書き込まれた基本プログラムを適宜実行し、I / O 1 2 hを介して接続されている外部機器及び内部機器などを制御している。

【0 0 7 9】

ここで、基本プログラムとしてのオペレーティングシステム1 2 a上でアプリケーション1 2 dが実行される。アプリケーション1 2 dの処理内容は様々であり、操作デバイスとしてのキーボード1 5 aやマウス1 5 bの操作を監視し、操作された場合には各種の外部機器を適切に制御して対応する演算処理などを実行し、さらには、処理結果をディスプレイ1 7 aに表示したり、プリンタ1 7 cに出力したりすることになる。以上のコンピュータシステムでは、画像入力デバイ

スであるスキャナ 11a などで画像データを取得し、アプリケーション 12d による所定の画像処理を実行した後、画像出力デバイスとしてのディスプレイ 17a、プリンタ 17c やプロジェクタ 17b に表示出力することが可能である。

【0080】

従って、本実施形態においては、印刷制御装置をコンピュータシステムとして実現しているが、必ずしもかかるコンピュータシステムを必要とするわけではなく、同様の画像データに対して本発明による画像処理が可能なシステムであればよい。例えば、デジタルスチルカメラ内に画像処理を行うモジュールを組み込み、画像処理された画像データを用いてプリンタに印字させるようなシステムであっても良い。

【0081】

また、コンピュータシステムを介することなく画像データを入力して印刷するプリンタにおいては、スキャナやデジタルスチルカメラまたはモデム等を介して入力される画像データに対して自動的に本発明による画像処理を行って印刷処理するように構成することも可能である。この他、カラーファクシミリ装置、カラーコピー装置、プロジェクタといった画像データを扱う各種の装置においても当然に適用可能である。むろん、複数のコンピュータによって分散処理を行って印刷を実行しても良い。

【0082】

次に、上記 PC 12 を本発明にかかる印刷制御装置として機能させる場合の処理を説明する。PC 12 では、上記スキャナ 11a、デジタルスチルカメラ 11b、ビデオカメラ 11c の入力画像やディスプレイ 17a、プロジェクタ 17b の出力画像を示す画像データを取得し、色補正 LUT を参照した色変換を実行してプリンタ 17c での印刷を実行する。すなわち、画像入力デバイスと画像出力デバイスのように異なる画像機器にて同じ画像を扱う場合であって、各画像機器で使用する画像データにて各画素の色を異なった色空間で表現している場合には色補正 LUT を参照して色変換を実施する。

【0083】

色補正 LUT を利用した印刷を実行するため、本実施形態における上記 PC 1

2は、図4に示すように印刷時のデータ処理を行う上述のプリンタドライバ12cと色補正LUTを作成するLUT作成部20とを備えている。プリンタドライバ12cは画像データ取得モジュール31と色補正モジュール32とハーフトーン処理モジュール33と印刷処理モジュール34とを備えている。画像データ取得モジュール31は、印刷対象画像を示す画像データを取得するモジュールである。画像データ取得モジュール31は、当該取得した画像データの画素数と印刷に必要な画素数が整合しない場合に両者を整合させるための解像度変換を実行する。色補正モジュール32は、補間演算によって画像データの表色系を変換するモジュールであり、上記画像データ取得モジュール31から画像データを取得して表色系を変換する。

【0084】

すなわち、ハードディスク13bに保存されている色補正LUT41と色補正無しLUT42と分版LUT43とのいずれかを参照して任意のRGB色成分値の組み合わせに対応するCMYK1c1m色成分値の組み合わせを算出する。アプリケーション12dが画像印刷指示を行ったときには色補正モジュール32が色補正LUT41を参照して色変換を行い、高精度に色変換を実行する。LUT作成部20において色補正無しLUT42や色補正LUT41を作成する段階においては、色補正モジュール32が分版LUT43や色補正無し42を参照して色変換を行う。従って、色補正モジュール32においては目的に応じて適宜LUTを選択して色変換を行い、色変換後のデータによって印刷を行うことができる。

【0085】

色補正モジュール32が色変換を行ってCMYK1c1mデータを生成すると、当該CMYK1c1mデータが上記ハーフトーン処理モジュール33に受け渡される。ハーフトーン処理モジュール33は、各ドットのCMYK1c1m階調値を変換してインク滴の記録密度で表現するためのハーフトーン処理を行うモジュールであり、変換後の記録密度でインクを付着させるためのヘッド駆動データを生成する。印刷処理モジュール34はかかるヘッド駆動データを受け取って、プリンタ17cで使用される順番に並べ替える。

【 0 0 8 6 】

すなわち、プリンタ 1 7 c にはインク吐出デバイスとして図示しない吐出ノズル列が搭載されており、当該ノズル列では副走査方向に複数の吐出ノズルが並設されるため、副走査方向に数ドット分離れたデータが同時に使用される。そこで、主走査方向に並ぶデータのうち同時に使用されるべきものがプリンタ 1 7 c にて同時にバッファリングされるように順番に並べ替えるラスタライズを行う。印刷処理モジュール 3 4 は、このラスタライズの後、画像の解像度などの所定の情報を付加して印刷データを生成し、プリンタ 1 7 c に出力する。プリンタ 1 7 c においては当該印刷データに基づいて上記画像データが示す画像を印刷する。

【 0 0 8 7 】

本実施形態においては、印刷制御装置たる P C 1 2 内に L U T 作成部 2 0 が備えられており、L U T 作成部 2 0 は印刷前に色補正 L U T 4 1 を作成する。L U T 作成部 2 0 はターゲット L a b 値決定モジュール 2 1 と色補正 L U T 生成モジュール 2 2 とスムージング処理モジュール 2 3 とを備えている。また、P C 1 2 には図示しないインタフェースを介して測色機 5 0 が接続されており、当該測色機 5 0 においてプリンタ 1 7 c にて印刷したカラーチャート上の各パッチを測色し、その L a b 値や濃度値等の測色値を P C 1 2 に対して供給することができる。

【 0 0 8 8 】

L U T 作成部 2 0 によって色補正 L U T 4 1 を作成するために、分版 L U T 4 3 は予め作成されてハードディスク 1 3 b に記録されており、色補正無し L U T 4 2 は色補正 L U T 4 1 の作成時に作成されてハードディスク 1 3 b に記録される。すなわち、スムージング処理モジュール 2 3 は分版 L U T 4 3 を参照し、また、測色機 5 0 から所定のカラーチャートの測色値を取得して以下で詳述する処理によって色補正無し L U T 4 2 を作成する。

【 0 0 8 9 】

ターゲット L a b 値決定モジュール 2 1 は上記ターゲットの s R G B データを決定するとともに予め決められた演算式によってその色彩値（L a b 値）を算出するモジュールである。また、色補正 L U T 生成モジュール 2 2 は上記図 1 に示

す処理によって色補正無し LUT 4 2 から色補正 LUT 4 1 を作成するための処理を行うモジュールである。まず色補正 LUT 生成モジュール 2 2 は、上記色補正無し LUT に規定された各 RGB データにてパッチの画像データを作成して色補正モジュール 3 2 に出力する。

【0090】

このとき、色補正モジュール 3 2 は、色補正無し LUT 4 2 を参照して各 RGB データに対応した CMYK l c l m データを取得し、当該 CMYK l c l m データをハーフトーン処理モジュール 3 3 に受け渡す。ハーフトーン処理モジュール 3 3 および印刷処理モジュール 3 4 はこの CMYK l c l m データに基づいてパッチを印刷する。この結果、色補正無し LUT 4 2 に規定された各 RGB データによって印刷したカラーチャートが印刷される。このカラーチャートは測色機 5 0 によって測色され、その L a b 値は色補正 LUT 生成モジュール 2 2 に入力される。

【0091】

また、色補正 LUT 生成モジュール 2 2 は、上記ターゲット L a b 値決定モジュール 2 1 が決定した s RGB データの色彩値を取得する。そして、ガマットマッピング等の処理を行うとともに補間処理を行ってターゲットの s RGB 値に対応する RGB データ（色補正無し LUT 4 2 で使用する RGB 表色系での RGB データ）を算出する。さらに、得られた RGB データを色補正無し LUT 4 2 で変換することによって対応する CMYK l c l m データを取得し、この CMYK l c l m データと s RGB データとを対応づけることによって色補正 LUT 4 1 を作成してハードディスク 1 3 b に記録する。

【0092】

（3）スムージング処理：

次に、上述のスムージング処理を詳細に説明する。図 5 は、スムージング処理モジュール 2 3 の構成を示すブロック図であり、図 6 はスムージング処理モジュール 2 3 にて実行する処理を示すフローチャートである。スムージング処理モジュール 2 3 は、中間 RGB 輝度変換処理部 2 3 a と最適化対象抽出部 2 3 b と仮想 L a b 値算出部 2 3 c と演算対象抽出部 2 3 d と評価関数算出部 2 3 e と位置

情報更新部 2 3 f とインク量算出部 2 3 g と色補正無し L U T 生成部 2 3 h とを備えている。

【 0 0 9 3 】

中間 R G B 輝度変換処理部 2 3 a は、上記測色値を参照し、簡易的な演算によって中間 R G B 輝度に変換するモジュールである。当該中間 R G B 輝度変換処理部 2 3 a は、ステップ S 1 0 0 にて測色値 4 5 を中間 R G B 輝度に変換し、変換結果を中間 R G B 輝度値 2 5 a として R A M 1 2 f に記録する。より具体的には、スムージング処理モジュール 2 3 がまず C M Y K 1 c 1 m の各インク色について色毎に 2 5 6 階調のうち 1 6 ～ 3 2 個程度の階調値を抜き出すとともに当該抜き出した階調値について各色単色でパッチを印刷させる画像データを生成し、ハーフトーン処理モジュール 3 3 に出力する。

【 0 0 9 4 】

この結果、各色単色で 1 6 ～ 3 2 個のパッチが印刷される。測色機 5 0 ではこのパッチおよびインク無記録の紙白を測色し、各色について C M Y の濃度値を取得する。ここで、各インク色の階調変化に対して C M Y 濃度値が単調増加あるいは単調減少でない場合には後述する最適化処理において最適解に収束せず、極値解に落ち込むことがあるので、C M Y 濃度値が各色で単調増加あるいは単調減少になるようにスムージングしておく。

【 0 0 9 5 】

中間 R G B 輝度変換処理部 2 3 a では、この C M Y 濃度値を以下の式 (1) に代入して各インク色の各パッチ毎に中間 R G B 輝度を算出する。

【数 1】

$$\begin{aligned} Tr_i &= 10^{-Dc_i} \\ Tg_i &= 10^{-Dm_i} \\ Tb_i &= 10^{-Dy_i} \end{aligned} \quad (i = 1, \dots, 6) \quad \dots \dots (1)$$

尚、式 (1) は濃度を輝度に変換する一般的な式であるが、本実施形態では C M Y 濃度を色成分毎の独立変数とし、中間 R G B 輝度を求めるものとした。ここで、T r、T g、T b を中間 R G B 輝度と呼んでおり、各インク単色の各パッチに

おける R 輝度成分, G 輝度成分, B 輝度成分を示している。また、D_c, D_m, D_y は C 濃度成分, M 濃度成分, Y 濃度成分を示しており、i はインク色を区別するための符号である。

【0096】

以上の演算によれば、各インク単色のインク階調値で印刷を行った場合の中間 RGB 輝度が得られることになるので、この中間 RGB 輝度と各インク単色のインク階調値との対応関係を参照すれば、補間演算によってインク単色の任意の階調値に対応した中間 RGB 輝度を算出することができる。以上の処理によって、中間 RGB 輝度が取得され、この値が中間 RGB 輝度値 23a として RAM12f に記録される。

【0097】

本実施形態においては、上述のように仮想 Lab 値を算出し、仮想的な Lab 色空間内で分版 LUT の格子点位置情報を変数として仮想 Lab 値を変更する。そこで、仮想 Lab 値算出部 23c は、中間 RGB 輝度から分版 LUT 43 の CMYK l c l m データに対応した RGB 輝度を算出し、この RGB 輝度から Lab 値を算出し、仮想 Lab 値 25c として RAM12f に記録する。尚、この RGB 輝度は中間 RGB 輝度から簡易的な式によって算出されるので、本明細書ではこの RGB 輝度を仮想 RGB 輝度と呼ぶ。

【0098】

具体的には、まず、ステップ S105 において最適化対象抽出部 23b が分版 LUT 43 に規定された CMYK l c l m データをインク量データ 25b として RAM12f に記録する。ステップ S110 において、仮想 Lab 値算出部 23c は、当該インク量データ 25b について、以下の式 (2) によって各インク色を組み合わせた状態での色、すなわち CMYK l c l m データが示す色に対応した仮想 RGB 輝度を算出する。

【数 2】

$$\left\{ \begin{array}{l} R = \prod_{i=1}^6 Tr_i \\ G = \prod_{i=1}^6 Tg_i \\ B = \prod_{i=1}^6 Tb_i \end{array} \right. \dots\dots (2)$$

以上のようにして、仮想RGB輝度が算出されると、算出された仮想RGB輝度を3×3のマトリクスによってXYZ表色系での値に変換し、このXYZ表色系の値をさらにLab表色系での値に変換する。変換された仮想Lab値が上記仮想Lab値25cであり、この段階では分版LUT43に規定されたCMYK1c1mデータに対応する仮想Lab値がRAM12fに記録されていることになる。

【0099】

以上のように、本実施形態においては各インク毎16～32個程度という少数の測色パッチから簡易的な演算によって仮想RGB輝度および対応する仮想Lab値を算出している。ここで、算出されるデータ数は分版LUT43に規定された総ての参照点と同数であるが、測色対象は16～32個×インク数+紙白であって参照点数より非常に少ない数であり、総てを測色する場合と比較して非常に高速に処理を進めることができる。

【0100】

また、本実施形態におけるスムージング処理の後に上述の色補正LUT生成モジュール22が機器非依存色と色補正なしLUT42のRGB（ひいてはCMYK1c1mデータ）との色を一致させる処理を行うので、ここでのスムージング処理では格子点を示す色が厳密に正しいことが重要ではない。すなわち、格子点配置の平滑程度が重要であり、格子点配置を平滑化するに当たり、仮想Lab値が実際のLab値と全く異なっているのはスムージングの意味がないが、本実施形態において上記式（1）（2）はランベルト・ベールの法則を簡略化したもので

あり、仮想 L a b 値が実際の L a b 値と全く異なることはない。本願出願人の実験によれば、本実施形態のような簡易的な演算で格子点配置を平滑化する効果は十分に発揮され、高精度に色変換可能な色補正 L U T が作成できることが分かっている。

【 0 1 0 1 】

尚、上述の演算は一例であり、実際の L a b 値に近く、スムージングの効果が十分に発揮される限りにおいて上記仮想 L a b 値は種々の演算によって算出することができるし、作業の手間を考えなければ実際に測色してもよい。また、16～32個の階調を選び出すのも一例であり、それより少なくても多くても良いが、16～32個であれば概ね良好な結果を得ることができる。さらに、測色パッチの階調の選び方も様々であり、均等に選んでも良いし、階調値が大きくなると濃度の変化度合が小さくなるインク特性を考慮して小さな階調値を多く選んでも良い。むろん、色毎に階調の選び方を変えても良い。測色で得られる C M Y 濃度階調を参照し、インク量に対応した C M Y 濃度を補間によって算出した後、中間 R G B 輝度を取得しても良い。

【 0 1 0 2 】

本実施形態においては、以上の中間 R G B 輝度値 2 5 a とインク量データ 2 5 b と仮想 L a b 値 2 5 c とを利用して分版 L U T の R G B データにより再帰的に各格子点毎にスムージングを行う。最適化対象抽出部 2 3 b は、ステップ S 1 1 5 においてインク量データ 2 5 b として記録された複数のデータの中からスムージング処理が行われていない C M Y K l c l m データを抽出して最適化対象として抽出する。仮想 L a b 値算出部 2 3 c は、ステップ S 1 2 0 にてこの C M Y K l c l m データに対応する仮想 L a b 値を算出する。すなわち、中間 R G B 輝度値 2 5 a とインク量データ 2 5 b から最適化対象の C M Y K l c l m データに対応する仮想 L a b 値を算出する。

【 0 1 0 3 】

スムージングは当該最適化対象の C M Y K l c l m データに対応する仮想 L a b 値とその周辺の格子点に相当する仮想 L a b 値とを利用して行われる。そこで、演算対象抽出部 2 3 d は、ステップ S 1 2 5 にて上記最適化対象の L a b 格子

点の周囲に存在するとともに当該格子点に隣接する格子点に相当する仮想 L a b 値を抽出する。尚、ここで抽出される仮想 L a b 値は、最適化対象の仮想 L a b 格子点の空間的位置によって異なっており、詳細は後述する。

【 0 1 0 4 】

評価関数算出部 2 3 e は、ステップ S 1 2 7, S 1 3 0 にて上記抽出した最適化対象の格子点およびその隣接格子点を利用して評価関数を算出する。評価関数は、最適化対象の仮想 L a b 格子点の配置が平滑化されるほど値が小さくなる関数であり、その変数は分版 L U T 4 3 の R G B 格子点位置を特定する上記位置情報である。すなわち、位置情報を調整すれば最適化対象の仮想 L a b 値が変動し、最適化した位置情報（評価関数を極小化した位置情報）が得られる。尚、評価関数も最適化対象の仮想 L a b 格子点の空間的位置によってその関数形が異なっており、色域境界上の稜線、外面、色域内部のそれぞれで異なる評価関数を規定している。すなわち、複数の関数形の評価関数が予め定められており、最適化対象の仮想 L a b 格子点が属する色域の部位によって適宜評価関数を変更する。

【 0 1 0 5 】

このように仮想 L a b 格子点が属する色域の部位によって異なる関数形で評価関数を記述した場合であっても、各評価関数によって格子点配置を平滑化した後に、上記部位の境界に存在する格子点同士の平滑程度が高くなっているようにすべく、本実施形態では上記部位の境界に近いほど格子点が移動しづらくなるように評価関数に付加項を加えている。

【 0 1 0 6 】

このため、評価関数算出部 2 3 e は重み係数算出部 2 3 e 1 を備えており、重み係数算出部 2 3 e 1 はステップ S 1 2 7 にて色域境界に近いほど大きな値となる重み係数を低次元色空間の色成分毎に算出する。また、各色成分毎に最適化前の位置情報と最適化対象の位置情報との差の大きさを示す式に当該重み係数を乗じて付加項とする。評価関数算出部 2 3 e は、ステップ S 1 3 0 にて上記評価関数毎に上記付加項を含む評価関数を算出する。本実施形態においては極小化処理によって格子点配置を平滑化する評価関数を採用しているので、上記部位の境界に近いほど値の大きくなる付加項を関数に含めることにより、上記部位の境界に

近いほど格子点が移動しづらくなるようにすることができる。

【0107】

より具体的には、位置情報 P_r 、 P_g 、 P_b のいずれか一つ以上を最小値あるいは最大値に固定して他の位置情報を可変にしたときには、当該位置情報の組み合わせによって上記色域境界上の稜線および外面上の色を指定することができる。そして、低次元色空間の色成分毎に色域境界に近いほど大きな値となる重み係数を規定し、各色成分毎に最適化前の位置情報と最適化対象の位置情報との差の大きさを示す式に当該重み係数を乗じれば上記部位の境界に近いほど大きな値となる項を作成することができる。

【0108】

さらに、評価関数算出部 23e は、上記ステップ S130 にて算出した評価関数の値を算出し、ステップ S135 で所定の閾値以下になっているか否かを判別する。すなわち、評価関数の値が所定の閾値以下になっているときに仮想 $L a b$ 格子点の位置が最適化（十分に平滑化）されたと判別する。ステップ S135 で仮想 $L a b$ 格子点の位置が最適化されていないと判別されたとき、位置情報更新部 23f はステップ S140 にて位置情報を上記最適化された位置情報に更新し、位置情報 25d として RAM12f に記録する。

【0109】

位置情報を更新したら、この位置情報で特定される RGB 格子点に対応したインク量によって最適化対象の仮想 $L a b$ 値が最適化されているか否かを判断するため、再度評価関数の算出を行う。すなわち、インク量算出部 23g は、ステップ S145 にて上記位置情報 25d を参照し、上記更新された位置情報に相当するインク量（CMYK $l c l m$ データ）を算出する。このとき、上記インク量データ 25b を参照し、補間処理によって上記更新された位置情報に相当するインク量を算出する。

【0110】

このように、更新された位置情報に相当するインク量を算出することができれば、このインク量から更新後の仮想 $L a b$ 値を算出することができるので、ステップ S120 以降の処理を繰り返すことによって評価関数の値を上記所定の閾値

以下に収束させることができ、仮想L a b 格子点の位置を最適化することができる。すなわち、評価関数によって位置情報を最適化（評価関数を極小化）し、これにより仮想L a b 格子点が最適化（格子点配置の平滑化）されるまでステップS 1 2 0以降の処理を繰り返すことによって格子点配置を最適な位置に収束させる。尚、最適化処理の具体的なアルゴリズムとしては準ニュートン法や共益勾配法等種々のアルゴリズムを採用することができる。

【0111】

一方、上記ステップS 1 3 5にて仮想L a b 格子点の位置が最適化されたと判別されるときには、ステップS 1 5 0において当該最適化された時点での仮想L a b 値に対応するインク量にて上記インク量データ25bを上書きし、ステップS 1 5 5において上記インク量データ25bの総てについて最適化が終了したか否かを判別する。そして、ステップS 1 5 5において上記インク量データ25bの総てについて最適化が終了したと判別されるまでステップS 1 1 5以降の処理を繰り返す。

【0112】

さらに、ステップS 1 6 0では予め決められた回数の補正が実行されたか否かを判別し、所定回数の補正が実行されたと判別されるまでステップS 1 1 5以降の処理を繰り返す。すなわち、所定回数の補正を実行することによって最適化処理の結果が真の解になることを担保している。むろん、ステップS 1 6 0においては全体として十分に最適化されていることが担保されればよいので、総てのインク量について上記評価関数の値やその平均値が所定の閾値以下になっているか否かを判別しても良い。また、評価関数の値の平均値が（n-1）回目の補正とn回目の補正と略一定の場合に十分に最適化されたとしても良く種々の構成を採用可能である。

【0113】

以上のようにして十分に格子点配置が平滑化された後には、上記インク量データ25bを分版L U T 4 3に規定されたR G Bデータに対応づけることにより、当該R G BデータとL a b色空間中で平滑化された色を示すインク量データとを対応づけることができる。そこで、色補正無しL U T生成部23hはステップS

1 6 5 で上記分版 L U T 4 3 に規定された C M Y K l c l m データを上記インク量データ 2 5 b で上書きすることによって、格子点配置が平滑化された色補正無し L U T 4 2 を生成し、ハードディスク 1 3 b に記録する。

【0 1 1 4】

このように、本実施形態においては、インク量すなわち C M Y K l c l m データの各色成分を直接的に調整している訳ではない。C M Y K l c l m データを調整するとすれば、上記分版 L U T 4 3 を作成する際に考慮した規則を満たすように調整することが必要になるが、この規則を考慮すると C M Y K l c l m データを調整する際の任意性が少なく、十分に格子点配置を平滑化されることが困難になることがある。しかし、本実施形態では、C M Y K l c l m データを直接的に調整するのではなく、位置情報を変動させ、仮想 L a b 格子点を調整する。

【0 1 1 5】

従って、この調整の際に上記分版 L U T 4 3 作成時の規則を考慮する必要がなく、仮想 L a b 格子点を移動させる際の自由度が大きい。この結果、仮想 L a b 格子点の配置を容易に最適化することができる。一方、ステップ S 1 4 5 において、上記更新された位置情報 2 5 d での格子点に相当するインク量データは分版 L U T に規定されたインク量あるいはスムージング後のインク量を参照することによって求めているので、分版 L U T におけるインク量の組み合わせを逸脱することなく、上記分版 L U T 4 3 作成時の規則を反映している。従って、作成される色補正無し L U T 4 2 は分版 L U T 4 3 作成時の規則を満たすとともに格子点配置も平滑化されている。この平滑化の際には上述のように関数形が異なる部位毎の境界において格子点を移動しづらくしているので、当該境界付近の格子点が部位毎に個別に移動することを防止し、当該境界で平滑程度が低くなることを防止することができる。

【0 1 1 6】

(4) 評価関数による最適化：

次に、ステップ S 1 2 0 ～ S 1 4 0 における評価関数による最適化処理について詳述する。図 7 は、L a b 色空間中における上記プリンタ 1 7 c の色域を示す模式図である。プリンタ 1 7 c の色域は同図に示すように L a b 色空間中でいび

つな形をしている。また、上記仮想 $L a b$ 値は上述のように実際の $L a b$ 値に近いので、仮想 $L a b$ 値が形成する色域も図 7 に示す立体と同様の形をしている。一方、画像の色を上記分版 $L U T$ の $R G B$ データの組み合わせで表現したとき、 $R G B$ の各色成分を直交 3 次元空間の軸として形成した $R G B$ 色空間内の色域は図 2 の左上に示すように立方体となる。

【0117】

上記 $L a b$ 色空間中の色域はいびつな形であるが、その色域境界は $R G B$ 色空間中の色域境界と容易に対応づけることができる。すなわち、 $R G B$ 色空間中の色域境界は立方体の外郭を形成する 12 本の稜線および 6 個の外面であるが、 $L a b$ 色空間中の色域においても色域の境界は 12 本の稜線および 6 個の外面にて構成される。より具体的には、 $R G B$ 色空間中の原点から B 軸上の稜線に沿って B 成分のみを有限の値として R , G 成分を最小値に固定すると色が K から B に変化するが、これらの色に対応する $L a b$ 色空間中の色は図 7 にて E_1 と示した稜線上にある。

【0118】

同様に、図 2 の左上の立方体で一番上の面においてその頂点の色はそれぞれ $B W C M$ (W は白) であり、この面上の色は B 成分のみを最大値に固定し、他の成分を任意に変化させることによって表現することができ、この面上の色は図 7 に示す色域では E_2 と示した面上にある。従って、上記分版 $L U T$ の $R G B$ データのいずれか 1 つでも最大値あるいは最小値であればその色は色域境界上にあるといえる。この色域境界上の色について上記最適化の際に仮想 $L a b$ 色空間内を自由に移動可能であるとすれば、十分に大きな色域の大きさを確保できなくなるおそれがある。そこで、本実施形態においては色域の大きさを維持するために、色域境界に形成される 12 本の稜線と 6 個の外面と色域内部とで関数形が異なる評価関数を取得する。

【0119】

但し、これらの評価関数は別個に極小化される。すなわち、稜線上に存在する最適化対象の格子点と外面上に存在する最適化対象の格子点と色域内部に存在する最適化対象の格子点とのそれぞれは互いに無関係である。従って、別個に極小

化しつつも稜線と稜線との境界、稜線と外面との境界、稜線と色域内部との境界、外面と外面との境界、外面と色域内部との境界のそれぞれの境界で平滑度を低下させないように付加項を加える。

【0120】

(4-1) 評価関数 E_1 :

図8は、Lab色空間中で色域境界に形成される稜線上の格子点を最適化するための評価関数を説明する説明図である。同図において破線で示す曲線は色域境界に形成される稜線を示している。また、最適化対象の格子点は黒丸で示し、その周囲の格子点は白丸で示している。色域の大きさを維持するためには黒丸で示す最適化対象の格子点が破線で示す稜線上に存在する必要がある。そこで、本実施形態では最適化対象抽出部23bが最適化対象として図8に示すように破線の稜線上に存在する格子点を抽出したときに、演算対象抽出部23dでは当該最適化対象の格子点に隣接し、かつ破線で示す稜線上に存在する格子点を演算対象の格子点として抽出する。

【0121】

同図においては、最適化対象の格子点をベクトル L_p として示しており、演算対象抽出部23dにて抽出される格子点をベクトル L_{a1} 、ベクトル L_{a2} として示している。ここで、ベクトル L_p は以下に示す式(3)によって算出され、上記位置情報 (P_r , P_g , P_b) を変数として表現される。本実施形態において位置情報は、仮想Lab値を一義的に特定できる変数であって分版LUTのRGB格子点位置を特定可能な値であればよい。

【数3】

$$\overrightarrow{L_p} = f(P_r, P_g, P_b) \cdots \cdots (3)$$

また、同式内の f は位置情報 (P_r , P_g , P_b) から、仮想Labベクトルを求める関数であり、位置情報 (P_r , P_g , P_b) に対応するインク量を算出する補間演算と当該算出後のインク量から上記式(2)および上記マトリクス等によってXYZ表色系を経由して仮想Lab値を演算する際の式を関数 f としてい

る。

【 0 1 2 2 】

評価関数はこのベクトル L_p およびベクトル L_{a1} , ベクトル L_{a2} を利用しており、評価関数算出部 2 3 e が以下に示す式 (4) によって算出する。

【数 4】

$$E_I = |(\vec{L}_{a1} - \vec{L}_p) + (\vec{L}_{a2} - \vec{L}_p)| + W_b(P_{b0} - P_b)^2 \dots (4)$$

ここで、 W_b は、分版 L U T 4 3 において最適化対象となる格子点の B 成分がその値域の midpoint から離れているほど大きな値となる重み係数であり、 P_{b0} は現在の B 方向位置情報である。尚、この重み係数を含む第 2 項は重み係数算出部 2 3 e 1 によって算出される。

【 0 1 2 3 】

すなわち、第 1 項は、最適化対象の格子点とその両側で隣接する格子点との距離がそれぞれ等しく向きが正反対であるときに値が最小になり、これらの距離で差異が大きく、向きが正反対からずれるほど関数の値が大きくなる。格子点が均等に配置されると格子点配置が平滑化される傾向にあるので、式 (4) に示す第 1 項が小さい程、隣接格子点との関係では最適化対象の格子点が平滑化されていると言える。一方、第 2 項は位置情報 P_b が変動しないときに最小になるが、重み係数 W_b は分版 L U T 4 3 において最適化対象となる格子点の B 成分の値がその値域の midpoint から離れているほど大きくなるので、第 2 項全体では上記 B 成分がその値域の midpoint から離れており、また、位置情報 P_b が変動したときに大きくなる。

【 0 1 2 4 】

従って、 E_I を極小化する際に、分版 L U T 4 3 において最適化対象となる格子点の B 成分の値がその値域の midpoint に近いほど第 1 項の影響が大きく、当該 B 成分の値がその値域の midpoint から遠いほど第 2 項の影響が大きい。この結果、 E_I を極小化するに際して上記 B 成分の値がその値域の midpoint から遠いほど元の格子点が移動しにくくなる。上記 B 成分の値がその値域の midpoint から遠いという状況は、図

8において破線で示す稜線の端部に近いということである。稜線の端部は他の稜線に近いので、当該稜線の端部に近い格子点を自由に移動させると稜線BK上の隣接格子点との関係では平滑程度が向上するかもしれないが、他の稜線上の格子点との関係で平滑程度が低下するおそれがある。そこで、本実施形態では、上記第2項を評価関数に付加することによって色域全体で平滑になるようにしている。

【0125】

従って、評価関数 E_1 を極小化することにより、稜線BK上の中央付近の最適化対象格子点は比較的自由に移動させることができ、隣接格子点との関係で配置を均等にして平滑化し、図8の右側に示すようにベクトル L_p の格子点位置を最適化したベクトル L'_p を取得することができる。一方、稜線BK上の端部付近の最適化対象格子点は比較的自由に移動させることができず、図8の右側上部に示すように格子点位置が変動しにくい。しかし、稜線BK上の隣接格子点との関係のみを考慮して平滑化する訳ではないので、他の稜線上の格子点との関係では平滑程度が低下することを避けることができる。

【0126】

また、ベクトル L_p 、ベクトル L_{a1} 、ベクトル L_{a2} は位置情報(P_r , P_g , P_b)によって表現されるが、評価関数 E_1 においてはベクトル L_{a1} 、ベクトル L_{a2} を与える位置情報は固定であり、ベクトル L_p を与える位置情報(P_r , P_g , P_b)であって、そのうちいずれか一つのみを可変にするとともに他の二つを最小値あるいは最大値に固定している。図8に示す例では、破線の稜線上の色はBとKの間に存在し、この色に相当する分版LUT43の格子点を特定する位置情報 P_r , P_g は最小値であるとともに位置情報 P_b は任意の値である。そこで、Lab色空間内の格子点をこの稜線上で移動させるためには、位置情報 P_r , P_g を最小値に固定し、 P_b を可変にすればよい。

【0127】

上述のように稜線と稜線との境界等で平滑程度が低下するおそれがあるのは、このように固定する位置情報と可変の位置情報とが色域の部位毎に異なることによる影響が大きい。すなわち、上述する色域境界上の稜線では2つの位置情報を

固定するとともに1つの位置情報を可変とし、色域境界上の外面では1つの位置情報を固定するとともに2つの位置情報を可変とし、色域内部では3つの位置情報を可変にする。また、稜線が異なれば可変とされる位置情報が異なり、異なる外面上でも可変とされる位置情報が異なる。

【0128】

従って、稜線、外面、色域内部の境界付近では位置情報に対する束縛条件が急激に変化する。束縛条件が急激に変動すると、格子点配置を平滑化するために格子点を移動させる際の自由度および移動方向の自由度が全く異なるので、この場合に格子点配置の平滑程度の不連続が生じるおそれがある。しかし、本実施形態では上述のように重み係数によって格子点の移動のし易さを調整し、束縛条件が急激に変化することを防止しているので、色域境界で平滑程度の不連続は生じない。

【0129】

尚、ここでは、図8に示す例に則して説明したので、上記式(4)の重み係数 W_b は分版LUT43において最適化対象となる格子点のB成分の値がその値域の中点から離れているほど大きな値になる係数となっている。従って、図8と同様に位置情報 P_b のみを可変とする場合、すなわち、最適化対象の格子点が色域境界上でCからGの稜線上に存在するときには位置情報 P_g を最大値、 P_r を最小値に固定して P_b を可変とし、最適化対象の格子点が色域境界上でMからRの稜線上に存在するときには位置情報 P_r を最大値、 P_g を最小値に固定して P_b を可変とし、最適化対象の格子点が色域境界上でWからYの稜線上に存在するときには位置情報 P_r 、 P_g を最大値に固定して P_b を可変にする。このとき、評価関数 E_1 の第2項は $W_b (P_{b0} - P_b)^2$ となる。

【0130】

むろん、位置情報 P_b 以外の位置情報 P_r 、 P_g のみを可変として最適化対象の格子点を移動させる場合には、他の重み係数 W_r 、 W_g が利用される。例えば、最適化対象の格子点が色域境界上でKからRの稜線上に存在するときには位置情報 P_g 、 P_b を最小値に固定して P_r を可変とし、最適化対象の格子点が色域境界上でWからCの稜線上に存在するときには位置情報 P_g 、 P_b を最大値に固定

して P_r を可変とし、最適化対象の格子点が色域境界上で M から B の稜線上に存在するときには位置情報 P_b を最大値、 P_g を最小値に固定して P_r を可変とし、最適化対象の格子点が色域境界上で Y から G の稜線上に存在するときには位置情報 P_g を最大値、 P_b を最小値に固定して P_r を可変とする。このとき、評価関数 E_1 の第 2 項は $W_r (P_{r0} - P_r)^2$ となる。

【0131】

最適化対象の格子点が色域境界上で K から G の稜線上に存在するときには、位置情報 P_r 、 P_b を最小値に固定し、 P_g を可変とし、最適化対象の格子点が色域境界上で W から M の稜線上に存在するときには位置情報 P_r 、 P_b を最大値に固定して P_g を可変とし、最適化対象の格子点が色域境界上で C から B の稜線上に存在するときには位置情報 P_b を最大値、 P_r を最小値に固定して P_g を可変とし、最適化対象の格子点が色域境界上で Y から R の稜線上に存在するときには位置情報 P_r を最大値、 P_b を最小値に固定して P_g を可変とする。このとき、評価関数 E_1 の第 2 項は $W_g (P_{g0} - P_g)^2$ となる。

【0132】

重み係数としては分版 LUT43 において最適化対象となる格子点の色成分がその値域の中点から離れているほど大きな値となれば良く種々の構成が採用可能であるが、本実施形態では以下の定義をしている。すなわち、本実施形態において分版 LUT43 の RGB データの値域は 0 ～ 255 であり、これら RGB データの値域の中点から距離が大きいほど大きな値となる数は絶対値によって示すことができる。例えば、R 成分に関しては絶対値 $|R - 127.5|$ により、色域の境界に近いかな否かを判断することができる。そこで他の色成分も同様に考え、下記式 (5) 式にて色域境界への近づき度合いに応じた重みを定義する。

【数 5】

$$\begin{cases} W_r = k_{wr} \left(\frac{|R-127.5|}{127.5} \right)^{\gamma_{wr}} \\ W_g = k_{wg} \left(\frac{|G-127.5|}{127.5} \right)^{\gamma_{wg}} \\ W_b = k_{wb} \left(\frac{|B-127.5|}{127.5} \right)^{\gamma_{wb}} \end{cases} \dots (5)$$

【0133】

尚、 k_{wr} 、 k_{wg} 、 k_{wb} は各重みの大きさを決定する係数であり、色域境界で各位置情報を変動させないようにするために十分な大きさの値にする。また、 γ_{wr} 、 γ_{wg} 、 γ_{wb} は重みの大きさの変化度合を調整する係数である。これらの係数を調整すると、分版LUT43のRGBデータに応じて重みを変化させることができ、色域の中心付近であまり重みをかけずに十分な最適化を行いたい場合に大きくするなどの調整が可能である。

【0134】

以上のように、最適化対象の格子点の位置によって変動させる位置情報を適宜変化させて評価関数を極小化すると、その時点での評価関数 E_1 を極小化させる位置情報が算出され、この処理を繰り返すことによって格子点位置を最適化したベクトル L'_p を取得することができる。得られた格子点においては、稜線の端部から離れるほど移動の自由度が高いので隣接格子点との関係において平滑程度が高く、稜線の端部に近づくほど移動の自由度が小さいが稜線の端部同士に存在する格子点同士で平滑程度を低下させることがないので色域全体としての平滑程度を非常に高くすることができる。

【0135】

(4-2) 評価関数 E_2 :

図9は、Lab色空間中で色域の境界に形成される外面上の格子点を最適化す

るための評価関数を説明する説明図である。同図において破線は格子点同士を結ぶ直線である。これらの格子点は色域境界の外面上に存在するので、紙面奥側あるいは手前側の一方のみに他の格子点が存在することになる。また、最適化対象の格子点は黒丸で示し、その周囲の格子点は白丸で示している。色域の大きさを維持するためには白丸および黒丸で示す格子点が存在する外面に対して最適化対象の格子点が垂直方向に大きく動くことは許されない。そこで、本実施形態では最適化対象抽出部 23b が最適化対象として図 9 に黒丸で示す色域境界の外面上に存在する格子点を抽出したときに、演算対象抽出部 23d では当該最適化対象の格子点に対して 4 方で隣接し、かつ色域境界の外面上に存在する 4 個の格子点を演算対象の格子点として抽出する。

【0136】

同図においても最適化対象の格子点をベクトル L_p として示しており、演算対象抽出部 23d にて抽出される格子点をベクトル L_{a1} ~ ベクトル L_{a4} として示している。ここで、ベクトル L_p は上記式 (3) によって算出され、上記位置情報 (P_r , P_g , P_b) を変数として表現される。色域境界の外面上に存在する格子点を最適化するための評価関数は、ベクトル L_p およびベクトル L_{a1} ~ ベクトル L_{a4} を利用し、以下に示す式 (6) で表現される。

【数 6】

$$E_2 = \left| (\vec{L}_{a1} \cdot \vec{L}_p) + (\vec{L}_{a2} \cdot \vec{L}_p) \right| + \left| (\vec{L}_{a3} \cdot \vec{L}_p) + (\vec{L}_{a4} \cdot \vec{L}_p) \right| + W_r(P_{r0} - P_r)^2 + W_g(P_{g0} - P_g)^2 \quad \dots (6)$$

【0137】

ここでも、 W_r は、分版 LUT 43 において最適化対象となる格子点の R 成分の値がその値域の中点から離れているほど大きな値となる重み係数であり、 W_g は、分版 LUT 43 において最適化対象となる格子点の G 成分の値がその値域の中点から離れているほど大きな値となる重み係数である。また、第 1 項および第 2 項は評価関数算出部 23e によって算出され、第 3 項、第 4 項は重み係数算出

部 23e1 によって上記式 (5) に基づいて算出される。

【0138】

さらに、ベクトル L_p 、ベクトル L_{a1} ～ベクトル L_{a4} は位置情報 (P_r , P_g , P_b) によって表現されるが、評価関数 E_2 においてはベクトル L_p を与える位置情報 (P_r , P_g , P_b) であって、そのうちいずれか二つのみを可変にするとともに他の一つを最小値あるいは最大値に固定している。同式 (6) は最適化対象の格子点が図 7 に斜線で示す色域境界の外面上 $WMB C$ 上にある場合の例である。

【0139】

この外面上の色は B 成分が最大で R 成分と G 成分を任意に変更した場合の色であり、この色に相当する分版 $LUT43$ の格子点を特定する位置情報 P_b は最大値であるとともに位置情報 P_r , P_g は任意の値である。そこで、 $L a b$ 色空間内の格子点を外面上 $WMB C$ 上で移動させるためには、位置情報 P_b を最大値に固定し、 P_r , P_g を可変にすればよい。このため、第 3 項および第 4 項に乘じられている重み係数は W_r と W_g となっている。この評価関数 E_2 の第 3 項および第 4 項では最適化対象の格子点が色域境界上の外面の縁に近いほど格子点が移動したときに評価関数の値を大きくする効果が顕著であり、評価関数 E_2 の第 1 項および第 2 項では最適化対象の格子点から互いに逆向きのベクトルの距離が等しく、方向が正反対に近いほど評価関数の値が小さくなるようにしてある。

【0140】

また、隣接する格子点を結ぶ線 (図 9 ではベクトル L_{a1} ～ベクトル L_p ～ベクトル L_{a2} が示す格子点を通る線等) が直線に近く、また格子点が均等に配置されるほど格子点配置が平滑化される傾向にある。従って、式 (6) に示す E_2 を極小化することによって外面の縁から遠い格子点である程、外面上で均等に格子点を配置し、図 9 の右側に示すようにベクトル L_p の格子点位置を最適化したベクトル L'_p を取得することができる。また、外面の縁に近い格子点は移動しづらいので、他の外面上の格子点との関係で平滑程度を低下させることがない。

【0141】

上記式 (6) では、第 3 項および第 4 項の重み係数が R 成分および G 成分に関

する値であったが、むろん、評価関数 E_2 においては最適化対象の格子点によって可変とする位置情報 (P_r , P_g , P_b) が異なるので、可変となる位置情報の成分に応じて第 3 項および第 4 項の重み係数は、 W_r , W_g , W_b の中から適宜選択される。

【0 1 4 2】

すなわち、色域境界の外側 MRKB 上の色は G 成分が最小で R 成分と B 成分を任意に変更した場合の色であり、位置情報 P_g を最小値に固定し、 P_r , P_b を可変にすれば上記外側 MRKB 上で最適化対象の格子点を移動させることができる。そこで、第 3 項および第 4 項として $W_r (P_{r0} - P_r)^2$ および $W_b (P_{b0} - P_b)^2$ を採用する。

【0 1 4 3】

色域境界の外側 RY GK 上の色は B 成分が最小で R 成分と G 成分を任意に変更した場合の色であり、最適化対象の格子点がこの外面上にあるときには位置情報 P_b を最小値に固定し、 P_r , P_g を可変にするとともに第 3 項および第 4 項として $W_r (P_{r0} - P_r)^2$ および $W_g (P_{g0} - P_g)^2$ を採用する。色域境界の外側 YWCG 上の色は G 成分が最大で R 成分と B 成分を任意に変更した場合の色であり、最適化対象の格子点がこの外面上にあるときには位置情報 P_g を最大値に固定し、 P_r , P_b を可変にするとともに第 3 項および第 4 項として $W_r (P_{r0} - P_r)^2$ および $W_b (P_{b0} - P_b)^2$ を採用する。

【0 1 4 4】

色域境界の外側 WYRM 上の色は R 成分が最大で G 成分と B 成分を任意に変更した場合の色であり、最適化対象の格子点がこの外面上にあるときには位置情報 P_r を最大値に固定し、 P_g , P_b を可変にするとともに第 3 項および第 4 項として $W_g (P_{g0} - P_g)^2$ および $W_b (P_{b0} - P_b)^2$ を採用する。色域境界の外側 CGKB 上の色は R 成分が最小で G 成分と B 成分を任意に変更した場合の色であり、最適化対象の格子点がこの外面上にあるときには位置情報 P_r を最小値に固定し、 P_g , P_b を可変にするとともに第 3 項および第 4 項として $W_g (P_{g0} - P_g)^2$ および $W_b (P_{b0} - P_b)^2$ を採用する。

【0 1 4 5】

以上のように、最適化対象の格子点の位置によって変動させる位置情報を選択して評価関数 E_2 を極小化すると、その時点での評価関数を極小化させる位置情報が算出され、この処理を繰り返すことによって格子点位置を最適化したベクトル L'_p を取得することができる。得られた格子点においては、外面の縁部から離れるほど移動の自由度が高いため隣接格子点との関係において平滑程度が高く、外面の縁部に近づくほど移動の自由度が小さいが他の外面や稜線に存在する格子点同士で平滑程度を低下させることがないので色域全体としての平滑程度を非常に高くすることができる。

【0146】

(4-3) 評価関数 E_3 :

図10は、Lab色空間中で色域境界以外の内部に存在する格子点を最適化するための評価関数を説明する説明図である。同図における破線は色域を2方向に切断した場合に形成される面上に存在する複数の格子点同士を結ぶ直線である。また、最適化対象の格子点は黒丸で示し、その周囲の格子点は白丸で示している。本実施形態にて色域内部の格子点については色域の大きさを維持するための条件を課すことなく自由に移動させる。そこで、本実施形態では最適化対象抽出部23bが最適化対象として図10に黒丸で示す色域の内部に存在する格子点を抽出したときに、演算対象抽出部23dでは当該最適化対象の格子点に対して6方で隣接する6個の格子点を演算対象の格子点として抽出する。

【0147】

同図においても最適化対象の格子点をベクトル L_p として示しており、演算対象抽出部23dにて抽出される格子点をベクトル L_{a1} ～ベクトル L_{a6} として示している。ここで、ベクトル L_p は上記式(3)によって算出され、上記位置情報(P_r , P_g , P_b)を変数として表現される。色域の内部に存在する格子点を最適化するための評価関数は、ベクトル L_p およびベクトル L_{a1} ～ベクトル L_{a6} を利用し、以下に示す式(7)で表現される。

【数 7】

$$\begin{aligned}
 E_3 = & \left| (\vec{L}_{a1} - \vec{L}_p) + (\vec{L}_{a2} - \vec{L}_p) \right| \\
 & + \left| (\vec{L}_{a3} - \vec{L}_p) + (\vec{L}_{a4} - \vec{L}_p) \right| \\
 & + \left| (\vec{L}_{a5} - \vec{L}_p) + (\vec{L}_{a6} - \vec{L}_p) \right| \\
 & + W_r(P_{r0} - P_r)^2 \\
 & + W_g(P_{g0} - P_g)^2 \\
 & + W_b(P_{b0} - P_b)^2 \quad \dots \dots (7)
 \end{aligned}$$

【0148】

ここでも、 W_r 、 W_g 、 W_b は、それぞれ分版 LUT 43 において最適化対象となる格子点の RGB 成分の値がその値域の中点から離れているほど大きな値となる重み係数である。また、第 1 項～第 3 項は評価関数算出部 23e によって算出され、第 4 項～第 6 項は重み係数算出部 23e1 によって上記式 (5) に基づいて算出される。評価関数 E_3 においてはベクトル L_p を与える位置情報 (P_r 、 P_g 、 P_b) の総てを可変にしている。

【0149】

評価関数 E_3 の第 4 項～第 6 項では最適化対象の格子点が色域境界に近いほど格子点が移動したときに評価関数の値を大きくする効果が顕著であり、評価関数 E_3 の第 1 項～第 3 項では最適化対象の格子点から互いに逆向きのベクトルの距離が等しく、方向が正反対に近いほど値が小さくなる。また、隣接する格子点を結ぶ線 (図 10 ではベクトル L_{a1} ～ベクトル L_p ～ベクトル L_{a2} が示す格子点を通る線等) が直線に近く、また格子点が均等に配置されるほど格子点配置が平滑化される傾向にある。従って、式 (6) に示す E_3 を極小化することによって、色域の境界から遠い格子点である程、均等に格子点を配置して図 10 の右側に示すようにベクトル L_p の格子点位置を最適化したベクトル L'_p を取得することができる。また、色域の境界に近い格子点は移動しづらいので、他の外面上の格子点との関係で平滑度を低下させることがない。

【0150】

(5) 他の実施形態:

上記実施形態は一例であり、スムージング処理を行うことによって高精度に色変換実施可能にできる限りにおいて、他にも種々の構成を採用することができる。図11は、ICCプロファイルで規定されるプロファイルを利用して印刷を行う装置に対して本発明にかかるスムージング処理を適用した場合の構成を示すブロック図である。同図において、上記図4と同様の構成については図4の符号と同符号を付して示している。ICCプロファイルにおいては、ディスプレイ等の画像入力機器で使用する色成分値を機器非依存色空間内の座標値(L a b 値等)に変換するソースプロファイルと機器非依存色空間内の座標値をプリンタ等の画像出力機器で使用する色成分値に変換するメディアプロファイルとを予め用意しておく。

【0151】

そして、ソースプロファイルを参照して入力画像データが示す色を一旦機器非依存色空間内の座標値に変換し、メディアプロファイルを参照して当該機器非依存色空間内の座標値をプリンタで使用する色成分値に変換する。この色成分値は、さらに色補正無しLUTを参照して上記入力画像データが示す色をプリンタで使用する色成分値に変換する。これにより、画像データの色を高精度に変換して印刷を実行することが可能になる。尚、本実施形態においてはメディアプロファイルを作成する際に入力画像データが示す色とプリンタで使用する色成分値が示す色とが一致するようにしてある。

【0152】

具体的には、ハードディスク13bに予めソースプロファイル411と分版LUT43とを記録しておく。色補正無しLUT42とメディアプロファイル410とは分版LUT43から作成される。すなわち、スムージング処理モジュール23は上記図4に示すモジュールと同様に分版LUT43を参照してスムージング処理を行い、色補正無しLUT42を作成する。メディアプロファイル生成モジュール220は、色補正無しLUT42、測色機50が出力する測色値、ターゲットL a b 値決定モジュール21が出力するL a b 値に基づいて上記図1に示す測色からL a b →R G B 変換までを実施してメディアプロファイル410を生

成する。この結果、メディアプロファイル 410 の出力 RGB 値を色補正無し LUT 42 にて変換したときに、メディアプロファイル 410 への入力 Lab 値が示す色と同等の CMYK l c l m データを取得することが可能になる。

【0153】

図 11 に示す実施形態におけるプリンタドライバ 12c は色結合処理部 321 と色補正モジュール 322 とを備えており、これら色結合処理部 321 と色補正モジュール 322 とによって入力画像データの色をプリンタで使用するインク色に対応した CMYK l c l m データに変換する。色結合処理部 321 はソースプロファイル 411 とメディアプロファイル 410 とを参照して入力画像データの RGB 値を色補正無し LUT 42 に規定された RGB 表色系での RGB 値に変換するモジュールである。

【0154】

すなわち、ソースプロファイル 411 は入力画像データの表色系を Lab 表色系に変換するプロファイルであるので、色結合処理部 321 は当該ソースプロファイル 411 を参照して入力画像データの色を Lab 値で表現する。メディアプロファイル 410 は Lab 表色系を色補正無し LUT 42 に規定された RGB 表色系での RGB 値に変換するプロファイルであるので、色結合処理部 321 は当該メディアプロファイル 410 を参照して Lab 値を RGB 値に変換する。この RGB 値は色補正モジュール 322 に入力される。

【0155】

色補正モジュール 322 は、LUT を参照して色変換を実施するモジュールであり、色補正無し LUT 42 を参照して上記入力された RGB 値を CMYK l c l m データに変換する。この結果得られた CMYK l c l m データは上記ハーフトーン処理モジュール 33 および印刷処理モジュール 34 に入力され、プリンタ 17c によって上記画像データが示す画像が印刷される。以上のようにスムージング処理を行った色補正無し LUT 42 からメディアプロファイル 410 を作成する場合であっても、当該メディアプロファイル 410 の作成時に上記第 1 実施形態と同様に補間演算処理を実行するので、分版 LUT 43 をスムージングすることにより、補間演算に際して局所的に低精度の演算がなされることを防止する

ことができる。従って、本実施形態においても高精度に色変換を行って印刷を実行することが可能になる。

【0156】

尚、上述の2つの実施形態ではPCを印刷制御装置として機能させるプリンタドライバとLUT作成装置として機能させるLUT作成部との双方をPCにて実行可能にしていたが、むしろ、両者は別体のPCにて実現しても良い。すなわち、LUT作成部を実行可能なPCによって予め色補正LUTやメディアプロファイル、色補正無しLUTを作成しておき、プリンタドライバによってプリンタを制御可能なPCに対して当該作成した色補正LUTやメディアプロファイル、色補正無しLUTを転送すれば、それぞれを別個のPCにて実現することができる。

【0157】

また、上記プリンタ17cにおいてはCMYK1c1mの6色のインクを搭載可能であったが、むしろ、DY（ダークイエロー）を追加して色数をより多くしても良いし、1c1mを利用しないことにして色数をより少なくしても良い。さらに、他の色、例えばR（レッド）、V（バイオレット）を利用してCMYKR Vの6色のインクを搭載可能にしても良い。

【0158】

さらに、上記評価関数においては仮想Lab色空間での格子点配置の平滑程度が低下したときに値が大きくなるような関数を採用すれば良く、上述の関数の他、種々の関数を採用することができる。例えば、上記評価関数 E_2 、 E_3 においては、格子点が立方格子を形成するとしたときにベクトルが直交するような格子点のみを最適化対象の周囲の格子点として抽出していたが、このような選び方が必須という訳ではなく、例えば、図9のベクトル L_{a5} 、ベクトル L_{a6} のように格子点が立方格子を形成するとしたときに対角位置にあるような格子点を含めて評価関数としても良い。このような対角位置にある格子点は、RGB色空間においても対角位置にあり、特に $R=G=B$ の対角軸はグレー軸に該当する。従って、対角位置にある格子点についても配置の平滑程度が向上すると、モノクロ出力時にトーンジャンプが発生することを防止することができる。

【0159】

さらに、上述の実施形態においては互いに逆向きのベクトルの和をとることによって平滑程度の高い格子点配置で評価関数の値が小さくなるようにしていたが、むろん、他の構成を採用しても良い。例えば、格子点間の相対位置関係が類似しているか否かを評価する関数であっても良い。具体的には、図9においてベクトル L_{a5} - ベクトル L_{a4} とベクトル L_{a1} - ベクトル L_p との差をとると両ベクトルの差ベクトル、すなわち (ベクトル L_{a5} - ベクトル L_{a4}) - (ベクトル L_{a1} - ベクトル L_p) が得られるが、当該差ベクトルの値が小さいほど格子点間の相対位置関係が類似していると言える。従って、ベクトル L_{a1} - ベクトル L_p と隣接する格子間ベクトルとの差をとって足し合わせることによって配置の平滑程度を評価する評価関数を取得することができる。

【0160】

さらに、上述の評価関数では、最適化対象の格子点を中心に互いに逆向きのベクトルの差をとり、それぞれの差を加え合わせていた。すなわち、仮想 $L_a b$ 色空間で全格子点が均等になる状態を理想としていた。しかし、分版 LUT の RGB データによって RGB 空間中に形成する格子点が元々不均等であったり、意図的に仮想 $L_a b$ 色空間中の格子点間隔を不均等にしたい場合には、評価関数を変更しても良い。このように格子点を不均等にしたときに最適であるとする例としては、評価関数に式(8)のように重み変数を設けることで対処することが可能である。

【数8】

$$E_1 = \left| W_1 (\overline{L_{a1}} - \overline{L_p}) + W_2 (\overline{L_{a2}} - \overline{L_p}) \right| + W_r (Pr_0 - Pr)^2$$

..... (8)

ここで、 W_1 , W_2 は重み係数である。

【0161】

すなわち、同式(8)において $W_1 > W_2$ であるならば、ベクトル L_{a1} - ベクトル L_p の大きさがベクトル L_{a2} - ベクトル L_p の大きさより小さい状態で評価関数

E_1 の値を小さくすることができ、最適化対象の格子点が一方の格子点に近い状態が最適状態であるとする事ができる。尚、重み係数としては種々の態様を採用可能であるが、格子点配置を不均等間隔にする場合に例えば式(9)によって決定することができる。

【数9】

$$\begin{cases} W_1 = \frac{D_2}{D_1 + D_2} \\ W_2 = \frac{D_1}{D_1 + D_2} \end{cases} \quad \dots\dots(9)$$

【0162】

ここで、 D_1 と D_2 はRGB色空間中の距離であり、 D_1 は仮想Labベクトル L_{a1} を与える分版LUTのRGB格子点からベクトル L_p を与える分版LUTのRGB格子点までの距離であり、 D_2 は仮想Labベクトル L_{a2} を与える分版LUTのRGB格子点からベクトル L_p を与える分版LUTのRGB格子点までの距離である。むろん、この式(9)は一例であり、他にも重みを設けた評価関数を設計することで、分版LUTのRGBデータが形成する格子点の間隔によって、仮想Lab色空間中の格子点間隔を制御したり、特定の意図に従って、仮想Lab色空間中で局部的に格子点の密度を多くすることが可能となる。さらに、上記評価関数 E_2 、 E_3 の場合も同様に重みを設けることで、容易に格子点間隔を制御することが可能となる。

【0163】

尚、重みを設けた評価関数を設計することで仮想Lab色空間中の格子点間隔を制御する構成は、インク特性に応じて格子点間隔を不均等にする場合、すなわち、インク記録率が大きくなると濃度の変化度合が小さくなるというインク特性を考慮して低インク記録率で格子点を多くする場合に特に有用である。さらに、重みを設けた評価関数を設計することで仮想Lab色空間中で局所的に格子点の密度を多くする構成は、局所的に色変換精度を高くしたい場合等に特に有用であ

る。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】色補正 L U T の作成工程を概略的に説明する説明図である。
- 【図 2】スムージングを概略的に説明する説明図である。
- 【図 3】印刷制御装置のハードウェア構成を示すブロック図である。
- 【図 4】印刷制御装置にて実行されるプログラムを示すブロック図である。
- 【図 5】スムージング処理モジュールの構成を示すブロック図である。
- 【図 6】スムージング処理を示すフローチャートである。
- 【図 7】プリンタの色域を示す模式図である。
- 【図 8】稜線上の格子点を最適化する評価関数の説明図である。
- 【図 9】外面上の格子点を最適化する評価関数の説明図である。
- 【図 1 0】色域内部の格子点を最適化する評価関数の説明図である。
- 【図 1 1】他の実施形態にて実行されるプログラムのブロック図である。

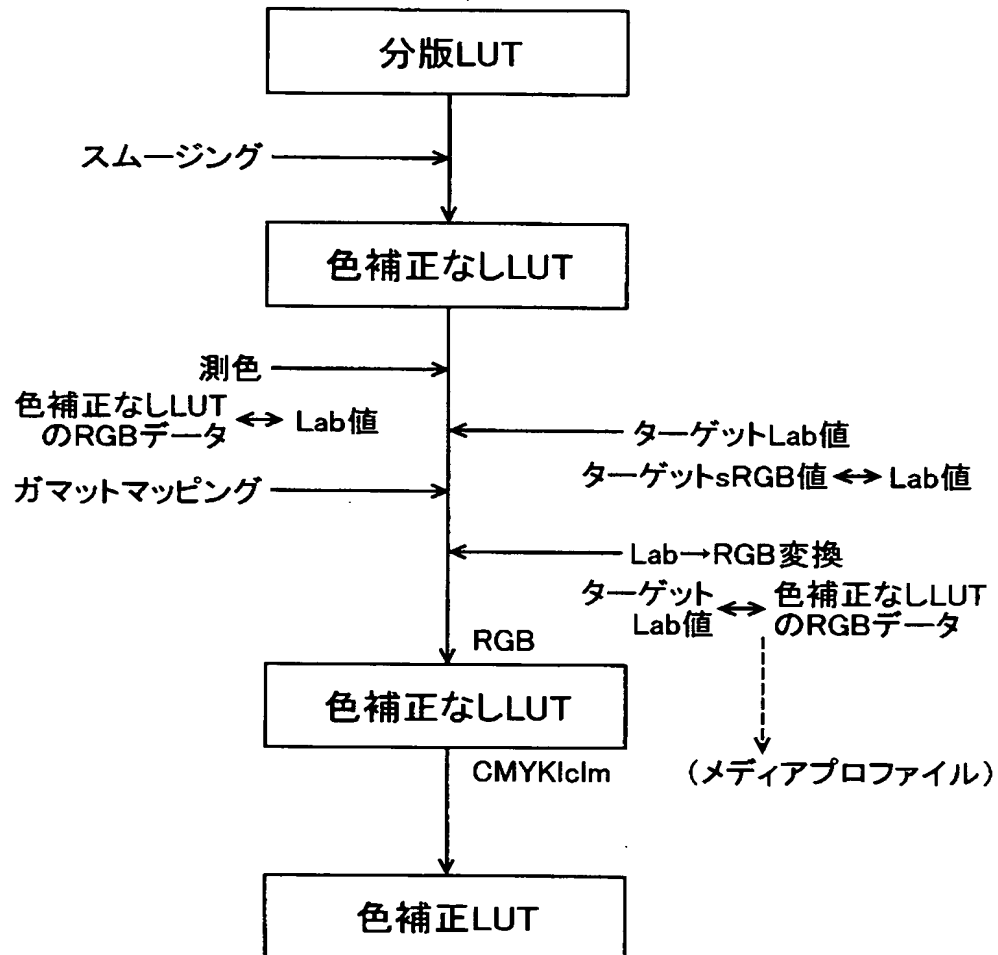
【符号の説明】

2 0 … L U T 作成部, 2 1 … ターゲット L a b 値決定モジュール, 2 2 … 色補正 L U T 生成モジュール, 2 3 … スムージング処理モジュール, 2 3 a … 中間 R G B 輝度変換処理部, 2 3 b … 最適化対象抽出部, 2 3 c … 仮想 L a b 値算出部, 2 3 d … 演算対象抽出部, 2 3 e … 評価関数算出部, 2 3 e 1 … 重み係数算出部, 2 3 f … 位置情報更新部, 2 3 g … インク量算出部, 2 3 h … 色補正無し L U T 生成部, 2 5 a … 中間 R G B 輝度値, 2 5 b … インク量データ, 2 5 c … 仮想 L a b 値, 2 5 d … 位置情報, 3 1 … 画像データ取得モジュール, 3 2 … 色補正モジュール, 3 3 … ハーフトーン処理モジュール, 3 4 … 印刷処理モジュール, 4 1 … 色補正 L U T, 4 2 … 色補正無し L U T, 4 3 … 分版 L U T, 5 0 … 測色機

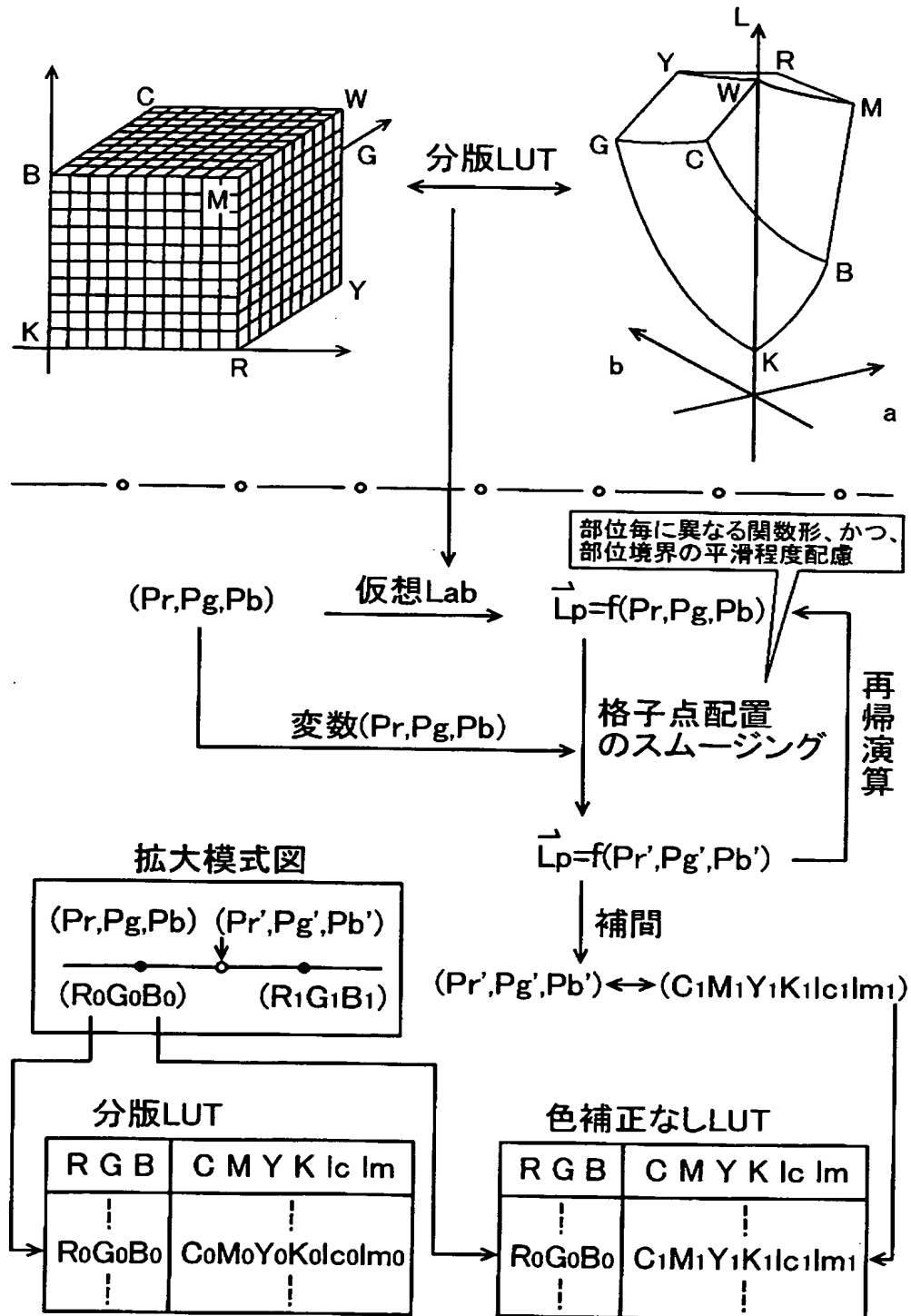
【書類名】

図面

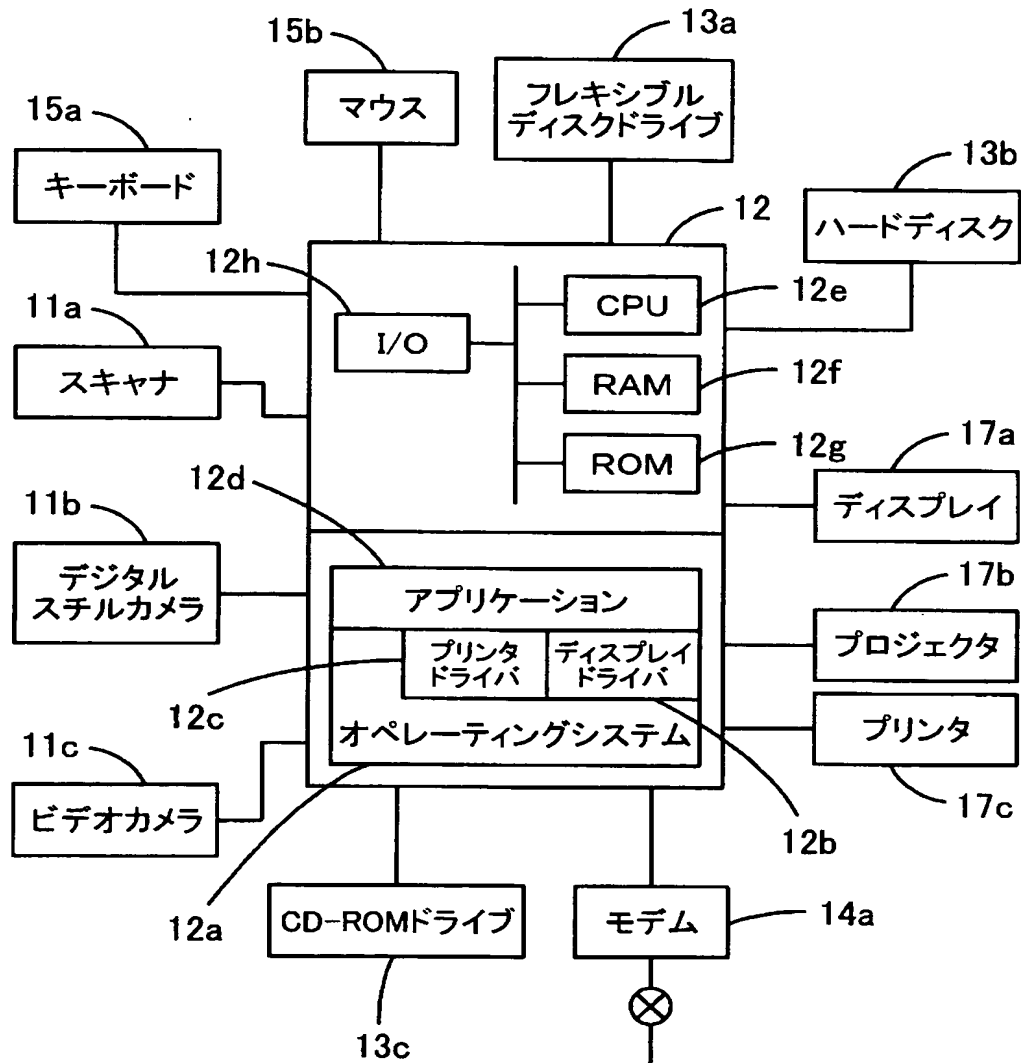
【図 1】



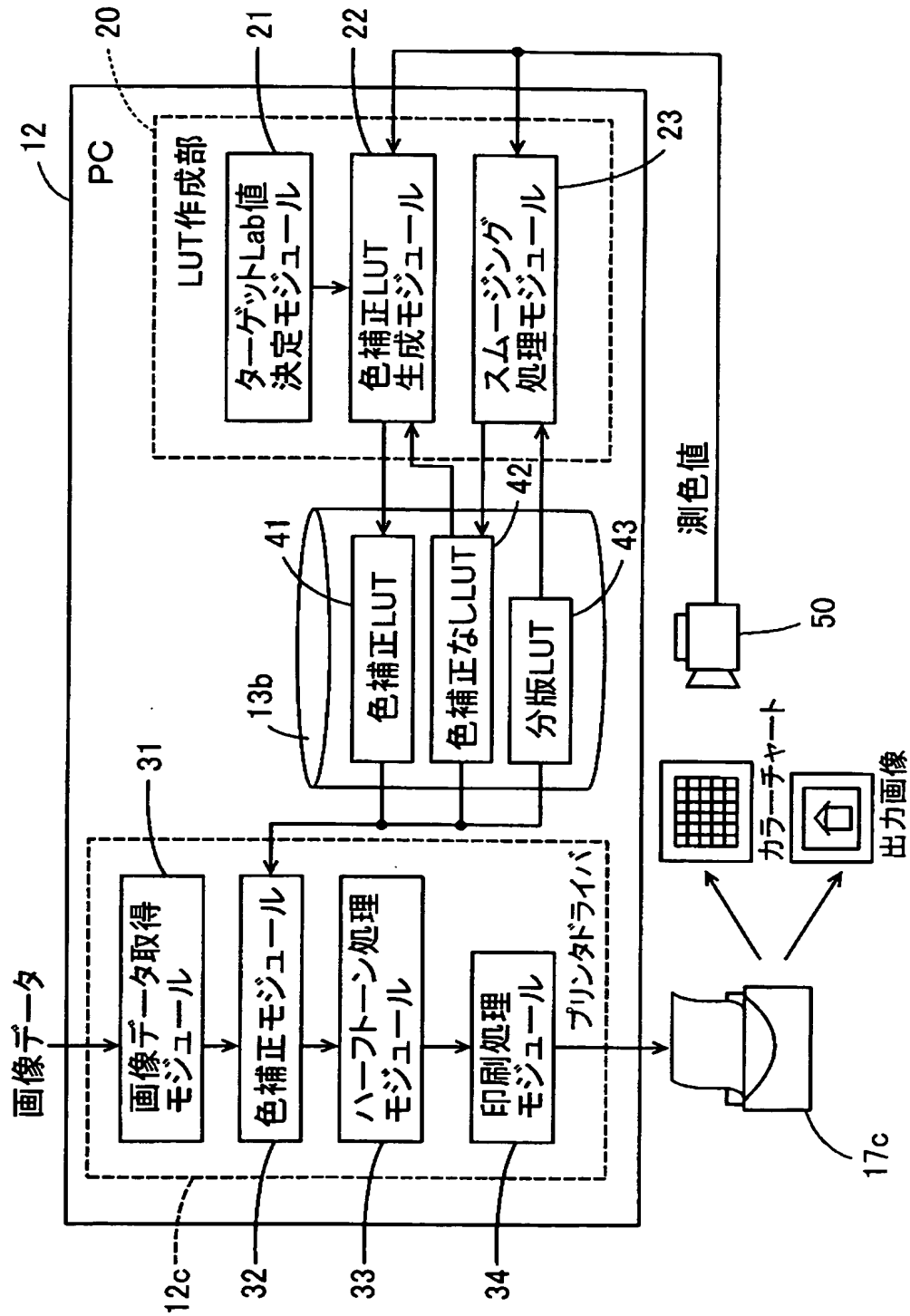
【図 2】



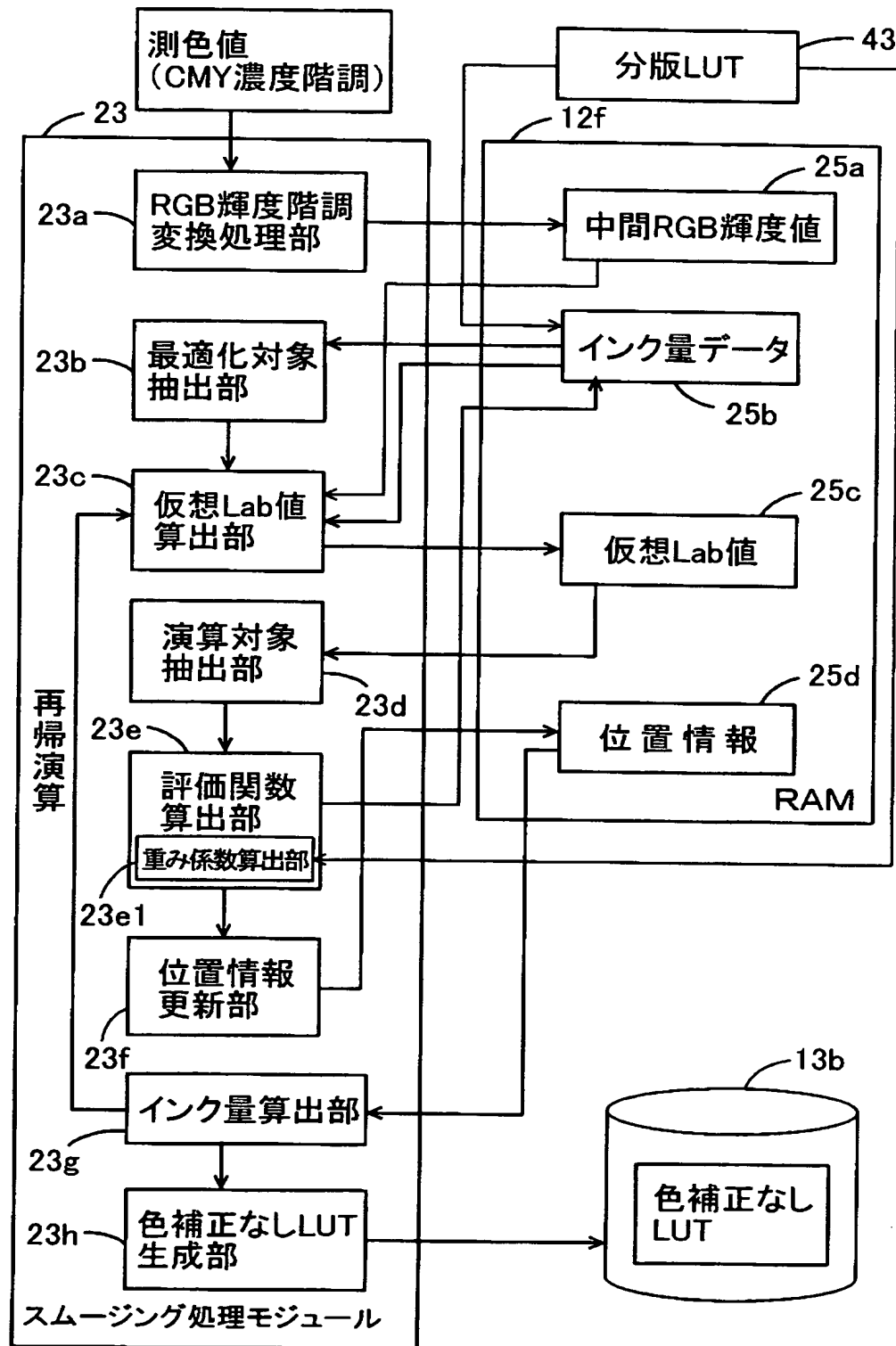
【図 3】



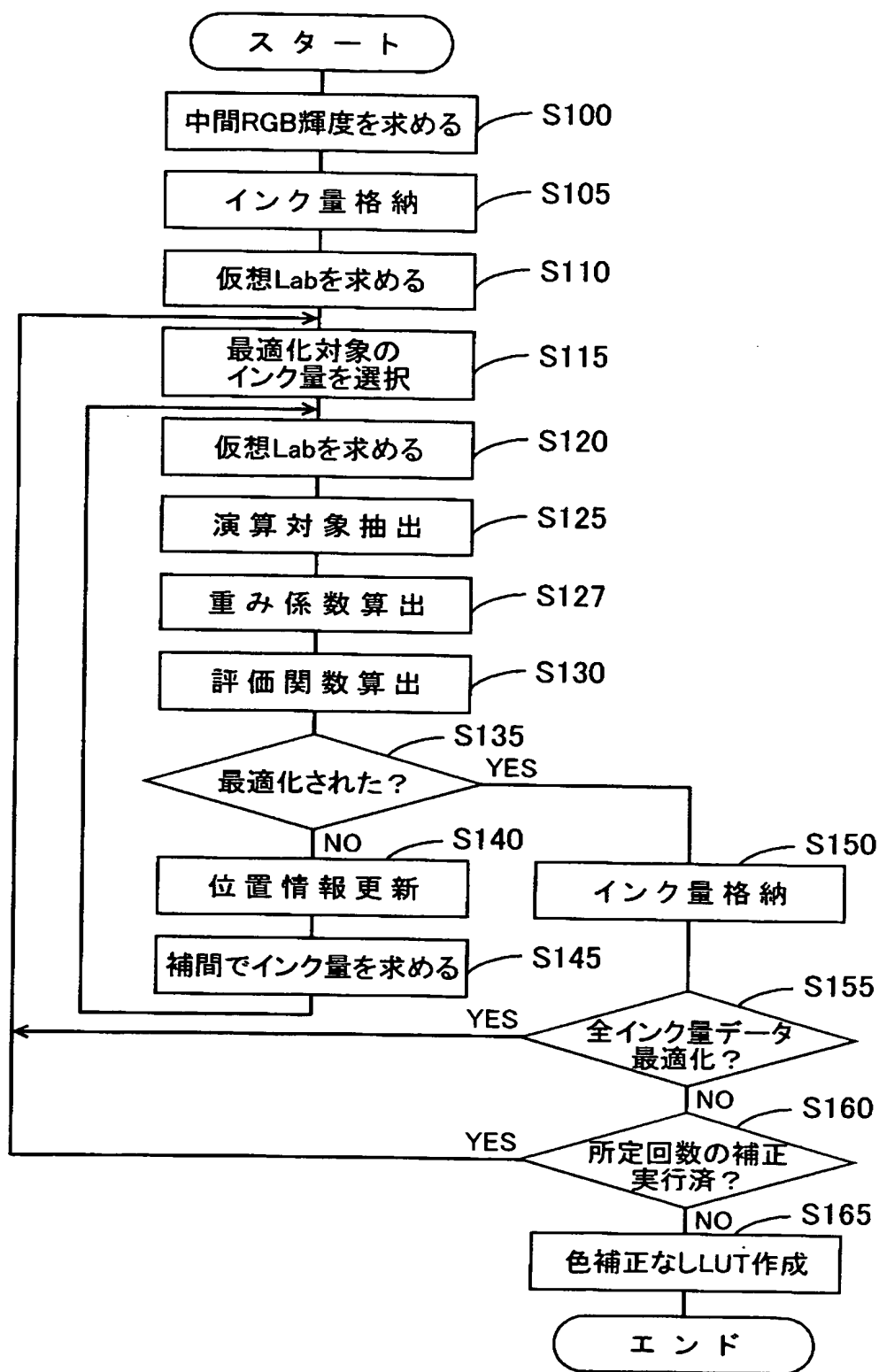
【図 4】



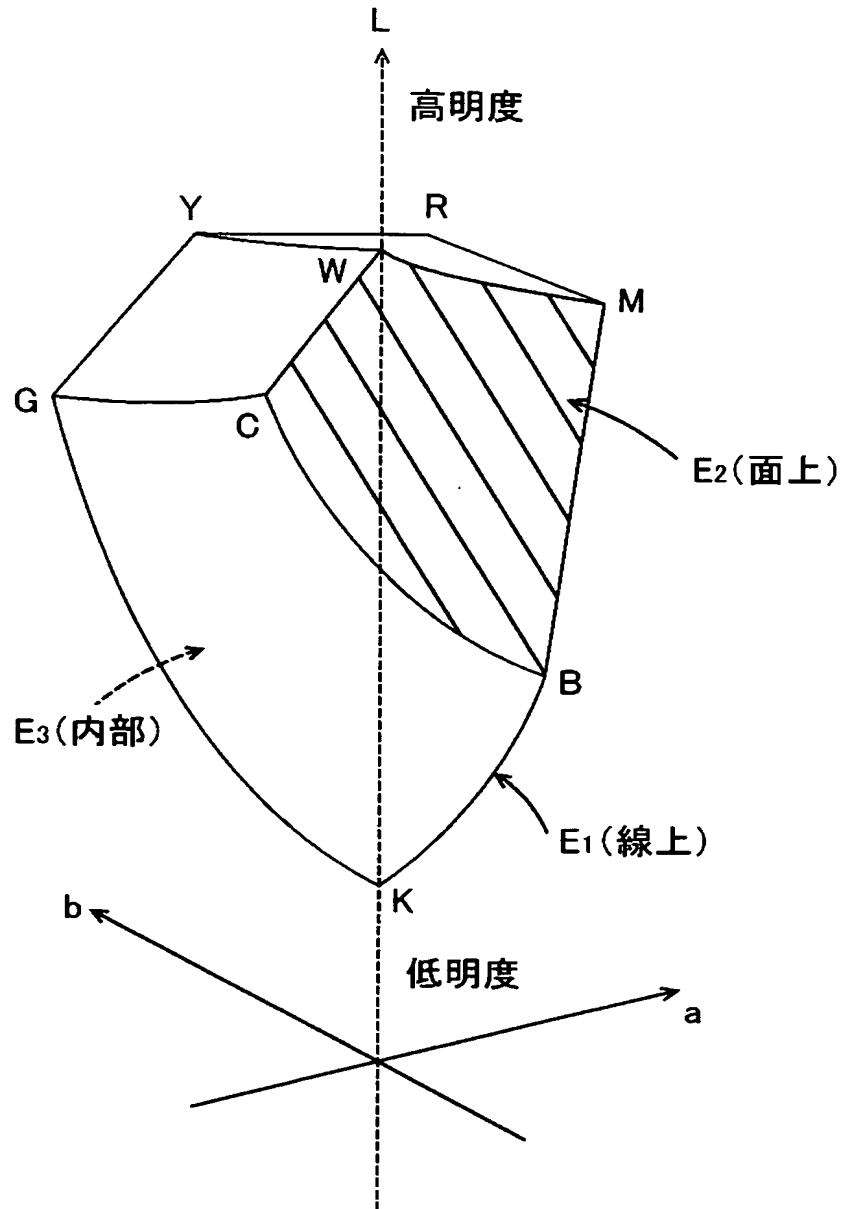
【図 5】



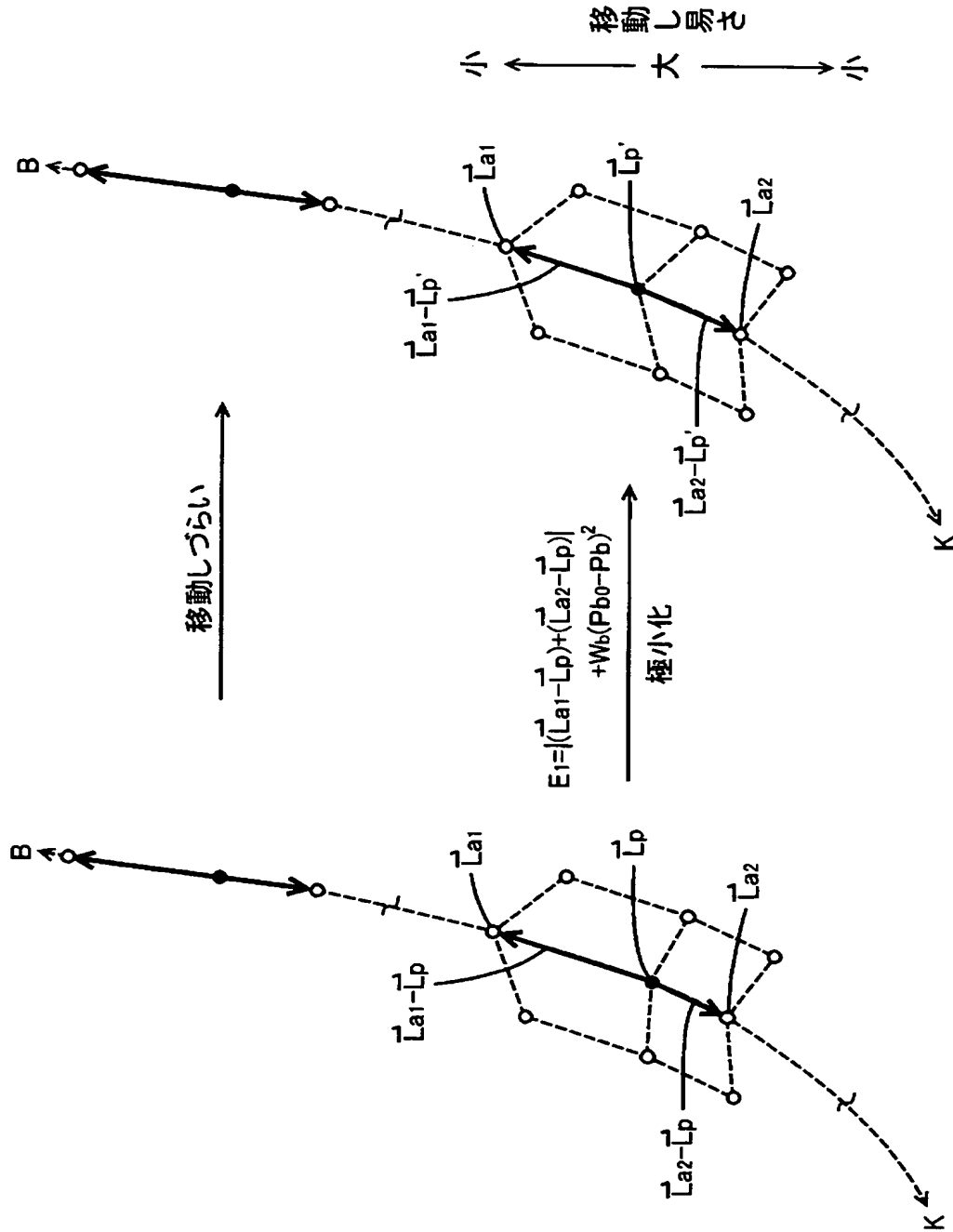
【図 6】



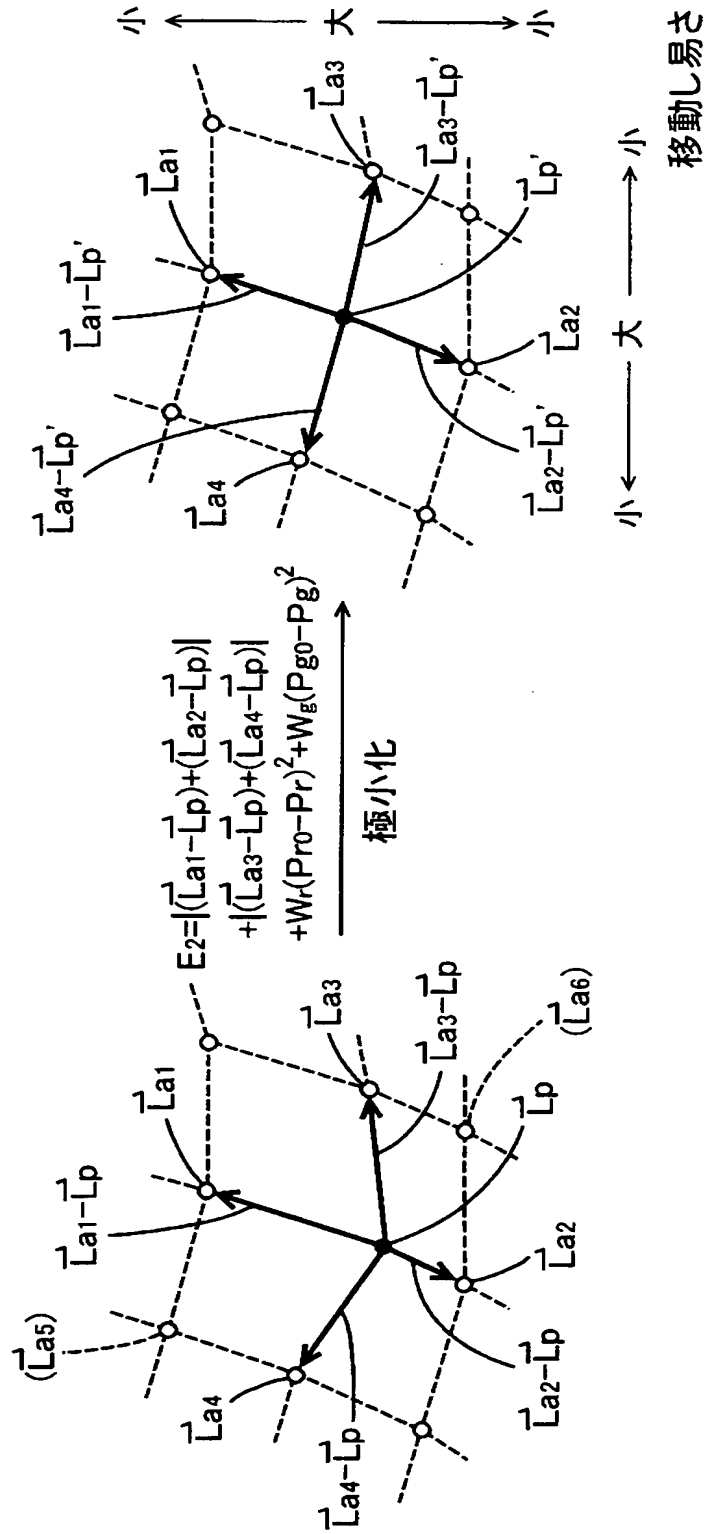
【図 7】



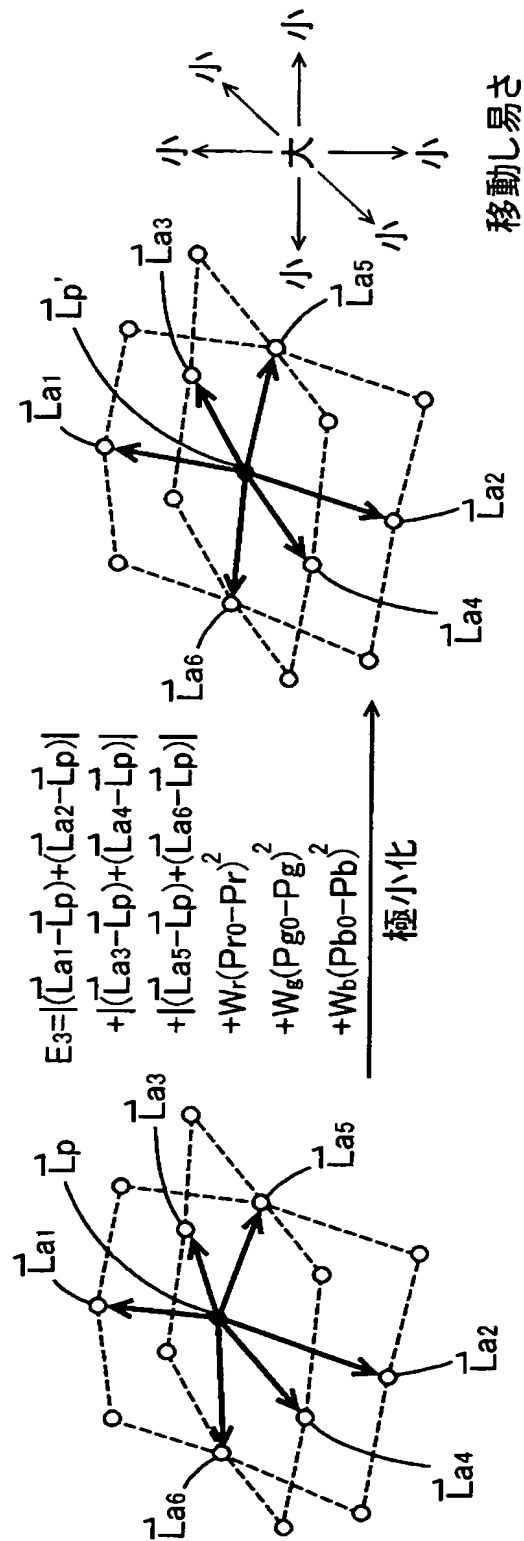
【図 8】



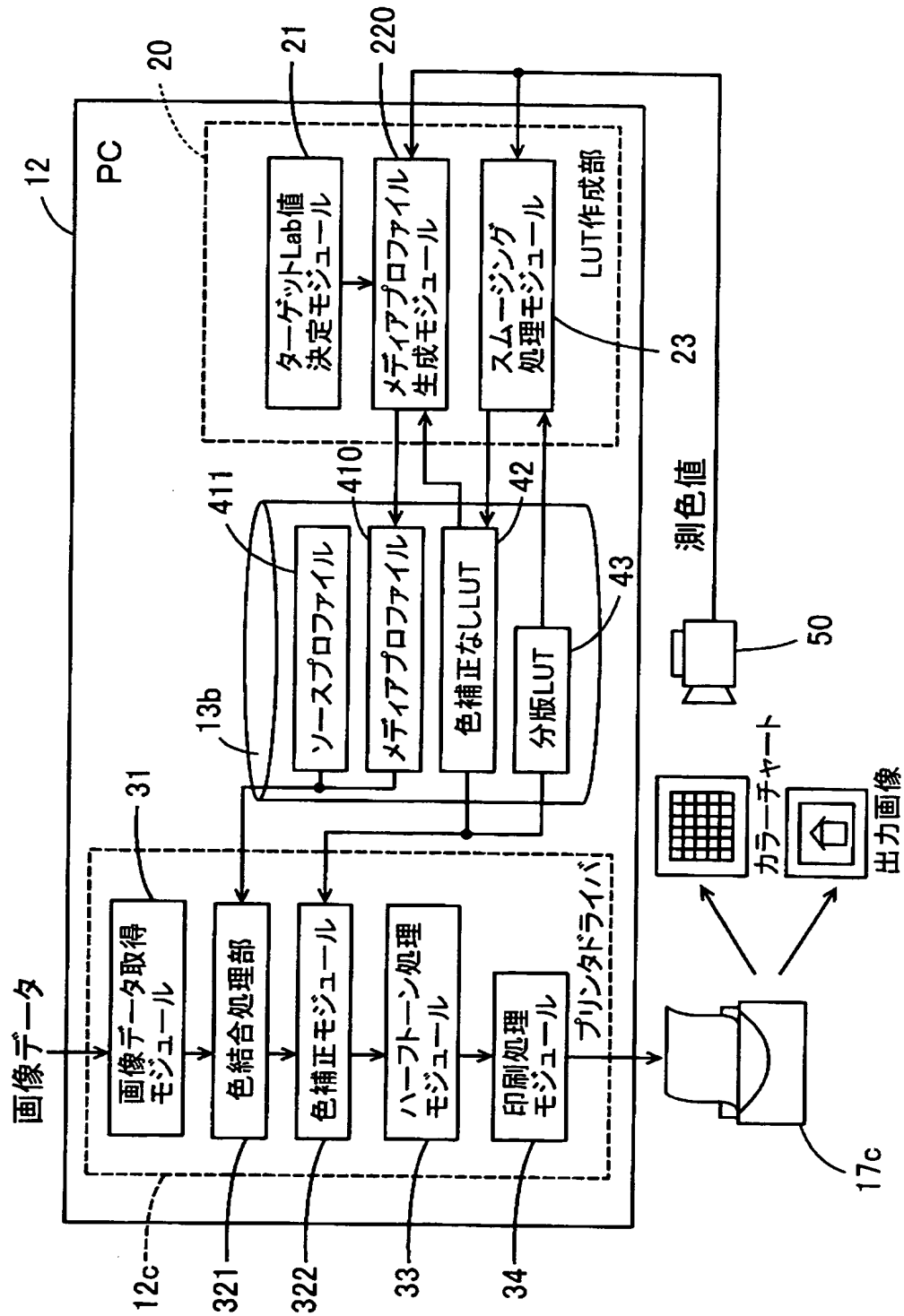
【図 9】



【図 10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 色域全体として局所的に平滑程度が悪化しないようにしつつ十分に平滑化できる格子点決定方法が望まれていた。

【解決手段】 機器非依存色空間内の格子点の配置の平滑程度を評価する関数であって印刷装置で使用する各色のインク数より少ない色成分で規定される低次元色空間の格子点位置情報を変数とし、当該評価対象の格子点が属する色域の部位毎に異なる関数形であるとともに、当該色域の部位の境界に近い格子点であるほどその移動によって評価値が大きく低下する束縛条件を含む平滑程度評価関数を規定し、上記格子点位置情報を変動させながら上記平滑程度評価関数の評価を向上させることによって上記機器非依存色空間内の格子点配置を最適化し、最適化された状態での上記低次元色空間内の色成分と上記各色のインク量とを対応づけることによって対応関係定義データ作成用格子点を決定する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 1 1 4 4 2 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 3 6 9]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 0 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

氏 名 セイコーエプソン株式会社